



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ELIAS JOKINEN  
TUOTEPERHEEN MUOTOILU JA MODULOINTI BROWNFIELD-  
PROSESSILLA

Diplomityö

Tarkastaja: apulaisprofessori  
Tero Juuti  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
8. elokuuta 2018

## TIIVISTELMÄ

**ELIAS JOKINEN:** Tuoteperheen muotoilu ja modulointi Brownfield-prosessilla  
Tampereen teknillinen yliopisto  
Diplomityö, 72 sivua, 1 liitesivu  
Joulukuu 2018  
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Pääaine: Koneensuunnittelu ja tuotekehitys  
Tarkastaja: apulaisprofessori Tero Juuti

**Avainsanat:** Brownfield-prosessi, teollinen muotoilu, muotoiluprosessi

Teollinen muotoilu on yrityksille nykyisin yhä tärkeämpi keino erottua kilpailijoistaan. Modulaarisuus taas on keino järjestyä tuotevalikoimaa säilyttäen kuitenkin samalla kyvyn vastata muuttuviin asiakasvaatimuksiin. Tämän työn päätavoitteena oli tutkia, miten teollisen muotoilun konseptointiprosessin voi yhdistää modulaarisen tuoteperheen luomiseen tarkoitettuun Brownfield-prosessiin.

Ongelma oli, että aihetta ei aikaisemmin ollut tutkittu, minkä vuoksi tässä työssä oli kehitettävä menetelmä edellä mainittujen kahden tehtävän yhdistämiseen. Ratkaisuna ongelmaan kehitettiin Brownfield-prosessin ja teollisen muotoilun yhdistävä viisivaiheinen BfID-prosessi, jonka esittelemineen on tämän työn merkittävin kontribuutio. BfID-prosessi perustuu kirjallisuudessa esiteltyihin muotoiluprosesseihin, suunnittelun ja muotoilun yhdistäviin prosesseihin sekä kirjoittajan omiin havaintoihin työn ajalta. Nämä olivat myös työn tärkeimmät aineistolähteet. Työ toteutettiin tapaustutkimuksena ja merkittävimmät tutkimusmenetelmät olivat kirjallisuustutkimus kirjallisuuskatsauksen osalta sekä osallistuva havainnointi BfID-prosessia testattaessa.

BfID-prosessin soveltuvuutta tutkimusongelman ratkaisemiseen testattiin Muototerä Oy:n tuotekehitysprojektissa, jossa tavoitteena oli luoda yhtäaikaaisesti modulaarinen tuotearkkitehtuuri ja uusi muotoilukonsepti eräälle tuoteperheelle. Prosessin kulku, käytetyt työkalut sekä havaitut edut ja haasteet dokumentoitiin, jotta prosessia on mahdollista testata myöhemmin muissa tapauksissa. Prosessin merkittävimpiä etuja olivat muun muassa kyky ottaa moduulijako huomioon muotoilussa sekä muotoilun vaatimusten saaminen samanarvoisiksi asiakasvaatimusten kanssa. Merkittävimpiä haasteita taas olivat se, että prosessin suunnittelulähtöisyys rajoittaa konseptimuotoilua sekä se, että muotoilu saattaa helposti jäädä pienemmälle huomiolle tuotearkkitehtuurin kehittämiseen nähden.

Esimerkkitapauksen perusteella voidaan todeta, että BfID-prosessin avulla teollisen muotoilun yhdistäminen Brownfield-prosessiin onnistuu haasteista huolimatta hyvin ja prosessia voidaan suositella käytettäväksi muissa vastaavissa tapauksissa. Tulosten yleistämiseksi prosessia on vielä testattava muissa vastaavanlaisissa tapauksissa, mutta on todennäköistä, että ainakin osa havaituista hyödyistä saavutetaan myös muualla.

## ABSTRACT

**ELIAS JOKINEN:** Design and Modularisation of a Product Family with the Brownfield Process

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 72 pages, 1 Appendix page

December 2018

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Machine Design and Product Development

Examiner: Assistant Professor Tero Juuti

**Keywords:** Brownfield Process, industrial design, design process

Nowadays, industrial design is becoming more and more important way for companies to differentiate. In addition to that, modularity is a way to rationalize the product portfolio of a company without losing the ability to offer customized solutions for customers. The main objective of this thesis was to examine how process of conceptualizing the industrial design can be integrated into Brownfield process meant for creating modular product families.

Because this subject had not been researched before, a new method for integrating the aforementioned two tasks had to be created. As a solution to the task, the BfID process which integrates industrial design and Brownfield process was created. The BfID process to be presented consists of five steps and is the main contribution of this thesis. The BfID process is based on processes presented in literature, as well as author's own thoughts and remarks from the time of the study. The aforementioned were also the most important sources of material in this thesis. The research was conducted as a case study and the most important research methods were literature review and participant observation.

BfID process's ability to solve the research problem was tested in a product development project of Muototerä Ltd., where the aim was to create both modular product architecture and new design concept for one of the product families of the company. Steps of the process, as well as tools used and discovered advantages and challenges of the process were documented so that it is possible to test the process later in other similar cases. Among the most important advantages were the ability to take module division of the product family into account during the industrial design and requirements of industrial design being taken equally into account compared to the requirements coming from the customers. Notable challenges, meanwhile, included restrictions posed for industrial design because of the engineering design-centric process and risk of industrial design getting less attention during the development process.

Based on the case study it can be stated that it is possible to solve the research problem with the BfID-process and it can be recommended as a tool to be used in similar cases. More cases need to be studied before the results can be generalized but it is highly likely that at least some of the advantages are also achieved in other cases.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö käsittelee teollisen muotoilun yhdistämistä Brownfield-prosessiin. On ollut antoisaa tehdä diplomityö kiinnostavasta aiheesta mukavassa työympäristössä. Haluan kiittää työtovereitani Muototerä Oy:ssä hyvästä työilmapiiristä sekä osallistumisesta työn toteutukseen ja valmiudesta kehittää yrityksen toimintaa. Erityiskiitokset Risto Kalliolle ja Juhana Karttuselle luottamuksesta ja mahdollisuudesta tehdä tämä diplomityö. Tästä on hyvä jatkaa.

Haluan kiittää myös apulaisprofessori Tero Juutia työn ohjaamisesta ja asiantuntevista kommentteista, jotka auttoivat kehittämään työtä paremmaksi. Kiitos myös niille monille muille luennoitsijoille Tampereen teknillisessä yliopistossa, jotka todella tekivät töitä opiskelijoiden oppimisen eteen.

Viimeisenä haluan kiittää vaimoani Heidiä ja perhettäni kaikesta antamastanne tuesta ja siitä, ettette koskaan lakanneet uskomasta minuun.

Tampereella, 1.11.2018

Elias Jokinen

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet .....	1
1.2	Työn rakenne.....	3
2.	KIRJALLISUUSKATSAUS .....	4
2.1	Modulaarisuus .....	4
2.1.1	Määritelmiä .....	5
2.1.2	Toimintoperusteinen modulaarisuus .....	6
2.1.3	Liiketoimintalähtöinen modulaarisuus.....	7
2.2	Brownfield-prosessi .....	10
2.2.1	Vaihe 1: Tavoitteiden määrittäminen liiketoimintaympäristön perusteella.....	12
2.2.2	Vaihe 2: Tavoitteiden asettaminen asiakasympäristön perusteella	14
2.2.3	Vaihe 3: Geneerinen elementtimalli moduulijärjestelmästä .....	15
2.2.4	Vaihe 4: Arkkitehtuuri: geneeriset elementit ja rajapinnat .....	16
2.2.5	Vaihe 5: Alustava tuoteperheen kuvaus.....	17
2.2.6	Vaihe 6: Konfiguraatiotieto: geneeriset elementit ja asiakastarpeet	18
2.2.7	Vaihe 7: Modulaarinen arkkitehtuuri: moduulit ja rajapinnat .....	18
2.2.8	Vaihe 8: Konfiguraatiotieto: moduulivariantit ja asiakastarpeet ...	19
2.2.9	Vaihe 9: Tuoteperheen dokumentointi.....	20
2.2.10	Vaihe 10: Liiketoimintavaikutusten arviointi .....	21
2.2.11	Yhteenveto .....	22
2.3	Teollinen muotoilu .....	24
2.3.1	Määritelmiä .....	25
2.3.2	Menetelmät ja työkalut.....	25
2.3.3	Muotoiluprosessit kirjallisuudessa.....	26
2.4	Teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun yhdistäminen .....	30
2.4.1	Hosnedl et al.: Cooperation of engineering & industrial designers	31
2.4.2	Kim & Lee: Collaborative product design processes.....	32
2.4.3	Sugiyama & Osada: Integration Process of Industrial Design and Engineering Design .....	36
2.4.4	Suunnittelun ja muotoilun yhdistämisen haasteet.....	38
2.5	Yhteenveto kirjallisuuskatsauksesta.....	40
3.	TUTKIMUSSTRATEGIAT JA MENETELMÄT .....	42
4.	YRITYKSEN JA AINEISTON ESITTELY .....	44
5.	TULOKSET .....	46
5.1	BfID-prosessi .....	46
5.1.1	Vaihe 1: Tavoitteiden asettaminen.....	49
5.1.2	Vaihe 2: Alustava arkkitehtuuri .....	51
5.1.3	Vaihe 3: Konseptisuunnittelu.....	54
5.1.4	Vaihe 4: Jatkosuunnittelu.....	56

5.1.5	Vaihe 5: Dokumentointi.....	59
5.1.6	Yhteenveto .....	61
5.1.7	Edut, haasteet ja vertailu kirjallisuuden prosesseihin .....	61
5.2	Tulosten arviointi .....	63
6.	KESKUSTELU .....	66
6.1	Jatkotoimenpiteet yrityksessä.....	67
6.2	Jatkotutkimusehdotukset .....	67
7.	YHTEENVETO .....	69
	LÄHTEET .....	71

## LIITE A: BfID-PROSESSI

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

BfIDP	Brownfield-ID -prosessi
BfP	Brownfield-prosessi
BIA	Business Impact Analysis
CSL	Company Strategic Landscape
DFA	Design Format Analysis
DSM	Design structure matrix
GE	Geneerinen elementti
ID	Industrial design
MFD	Modular Function Deployment
MIM	Modular Indication Matrix
NPD	New product development
PSBP	Product Structuring Blue Print
PSP	Product Structuring Principle
QFD	Quality Function Deployment

# 1. JOHDANTO

Teollisesta muotoilusta on jatkuvasti tullut yhä tärkeämpää tuotteiden menestyksen kannalta. Varsinkin toimialoilla, joilla kilpailevien tuotteiden teknologia on hyvin samankaltaista, visuaalisella erottumisella kilpailijoista on suuri merkitys. Modulaarisuus taas on keino järjeistää tuotevalikoimaa samankaltaisuutta hyödyntämällä säilyttäen silti kyvyn tarjota räätälöityjä ratkaisuja ja vastata muuttuviin asiakasvaatimuksiin. Modulaarisuuden avulla voidaan saavuttaa runsaasti erilaisia hyötyjä, jotka auttavat yrityksiä säilyttämään kilpailukykyä kiristävässä kansainvälisessä kilpailutilanteessa.

Tuotteen muotoilusta ja sen teknisestä suunnittelusta ovat usein yrityksissä vastuussa eri henkilöt. Kirjallisuudessa ollaan yksimielisiä siitä, että parhaiden tulosten saavuttamiseksi teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun on tehtävä yhteistyötä tuotekehityksessä. Kuitenkin konkreettisia menetelmiä tämän yhteistyön toteuttamiseksi on esitetty vain muutamia, eikä moduloinnin ja teollisen muotoilun yhdistämistä ole tutkittu lainkaan. Tämän työn lähtökohtana olikin sen teettäjäyritys Muototerä Oy:ssä (myöhemmin yritys) ilmennyt tarve suunnitteluprosessille, joka yhdistäisi moduloinnin ja teollisen muotoilun yhdeksi konkreettisia vaiheita käsittäväksi prosessiksi, jota seuraamalla modulaarisen tuotearkkitehtuurin luominen ja muotoilukonseptin kehittäminen voitaisiin yrityksessä toteuttaa.

## 1.1 Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet

Kuten aiemmin todettua, työn lähtökohta oli yrityksessä ilmennyt tarve yhtäaikaiseen tuoteperheen modulointiin ja muotoilun kehittämiseen. Ratkaisuvaihtoehtojen selvittäminen aloitettiin kartoittamalla olemassa olevia moduloinnin menetelmiä. Menetelmäksi valittiin Pakkanen (2015) esittelemä Brownfield-prosessi (BfP). Moduloinnin menetelmän valinta oli selkeä, sillä BfP:n katsottiin sopivan parhaiten tutkimusongelman ratkaisemiseen liiketoimintalähtöisyytensä vuoksi. Liiketoimintalähtöisen menetelmän uskottiin toimintolähtöistä menetelmää paremmin tukevan muotoilun vaatimusten huomioimista teknisessä suunnittelussa. Lisäksi toisin kuin useimmat menetelmät, BfP on tarkoitettu nimenomaan olemassa olevan tuoteperheen suunnittelemiseen modulaariseksi (Pakkanen 2015, s. 181), mikä oli kohdeyrityksen tarve. Brownfield-prosessi on esitelty luvussa 2.2. Liiketoiminta- ja toimintolähtöisyyttä käsitellään tarkemmin luvuissa 2.1.2 ja 2.1.3.

Myös teollisen muotoilun prosesseja esiintyy kirjallisuudessa. Lisäksi teollisen muotoilun ja teknisen suunnittelun yhdistämistä on tutkittu kirjallisuudessa jonkin verran ja niiden integroimisen tueksi on esitetty joitakin menetelmiä. Lisäksi on tutkittu, millaisia haasteita teollisen muotoilun ja teknisen suunnittelun yhteistyöhön liittyy. Yrityksen tarvetta



vastaavaa menetelmää, joka yhdistäisi Brownfield-prosessin ja teollisen muotoilun ei kuitenkaan ole olemassa, joten sellaisen luominen asetettiin tämän työn tavoitteeksi. Näin ollen työn ensimmäinen tutkimuskysymys on:

1. *Miten muotokielen luominen ja muotoilun konseptointi toteutetaan osana Brownfield-prosessia?*

Kirjallisuuskatsauksen avulla oli selvitettävä, esiintyykö kirjallisuudessa menetelmää, joka sellaisenaan vastaisi ensimmäisen tutkimuskysymyksen. Jotta tutkimus olisi perusteltu, on osoitettava, ettei sopivaa menetelmää ole olemassa, jolloin sellainen on kehitettävä työn tavoitteen mukaisesti ensimmäiseen tutkimuskysymyksen vastaamiseksi. Tämä työ sivuaa osaltaan myös Tampereen teknillisessä yliopistossa tehtävää modulointitutkimusta tutkiessaan siellä kehitetyn BfP:n soveltamista teolliseen muotoiluun.

Lisäksi työssä oli pyrittävä selvittämään, onko luodun menetelmän käyttäminen kohdeyrityksen esimerkkitapausta vastaavissa tilanteissa kannattavaa, eli mitä hyötyä ja mahdollista haittaa kehitetyn menetelmän käyttämisestä havaitaan olevan verrattuna siihen, että modulointi ja muotoilu toteutettaisiin erillisinä projekteina tai jonkin muun menetelmän avulla. Tämä pohjustaa myös myöhempiä tutkimuksia, joissa voidaan selvittää, havaitaanko muissa vastaavissa tapauksissa samoja hyötyjä ja haasteita. Työn toinen ja kolmas tutkimuskysymys ovat täten:

2. *Millaisia etuja teollisen muotoilun yhdistämisellä Brownfield-prosessiin havaitaan olevan?*
3. *Mitä haasteita Brownfield-prosessin ja teollisen muotoilun yhdistämisen havaitaan aiheuttavan?*

Työn käytännön toteutus aloitettiin tekemällä kirjallisuustutkimus, jossa perehdyttiin teollisen muotoilun prosesseja sekä teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun yhdistämisestä käsittelevään kirjallisuuteen. Kirjallisuudesta etsittiin konkreettisia menetelmiä ja prosesseja, joiden soveltuvuutta ensimmäiseen tutkimuskysymyksen vastaamiseen siten tutkittiin. Kun oli käynyt ilmi, ettei sellaisenaan riittävää menetelmää ole olemassa, kirjallisuuden prosessien työkaluja ja toimintatapoja käytettiin hyväksi BfP:n ja muotoilun yhdistävää suunnitteluprosessia kehiteltäessä. Kirjallisuuden sekä kirjoittajan omien ajatusten pohjalta kehitettiin konkreettinen prosessi, jonka vaiheita seuraamalla modulaarinen tuotearkkitehtuuri, muotokieli ja muotoilukonsepti voidaan suunnitella rinnakkain.

Tämän jälkeen ehdotettua prosessia testattiin tapaustutkimuksen avulla kohdeyrityksen tapauksessa. Prosessin kulku ja käytetyt työkalut pyritään kuvaamaan työssä kattavasti ja prosessin toimivuutta arvioidaan esimerkkitapauksen kokemusten perusteella. Lopuksi esitetään yhteenveto ehdotetusta ratkaisusta ensimmäiseen tutkimuskysymyksen luvussa 5.1.6. Prosessin kattava dokumentointi mahdollistaa sen toimivuuden testaamisen myöhemmin muissa tapauksissa ja kehittämisen myöhemmin.

Työn ulkopuolelle rajataan prosessin kulku lopullisen teknisen suunnittelun osalta. Työssä ei oteta kantaa miten varsinainen toteuttava suunnittelutyö pitäisi tehdä, vaan keskitytään tutkimaan tuotekehitysprosessia alusta konseptisuunnittelun loppuun asti. Kehitettävän prosessin on tarkoitus päätyä tilanteeseen, jossa tuotteesta on luotu tuotearkkitehtuuri- ja muotoilukonseptit, jotka määrittelevän muun muassa tuotteen moduulijaon, muotokielen elementit ja käytettävät materiaalit, mutta eivät sisällä osien mitoitus-, piirustuksia tai lopullisia päätöksiä yksityiskohtaisista teknisistä ratkaisuista. Tämä rajaus tehtiin siksi, että kohdeyrityksessä tehtävän käytännön työn tavoitteena on luoda tuoteperhe- ja muotoilukonsepti, jonka pohjalta lopullinen suunnittelu myöhemmin voitaisiin aloittaa. Yksityiskohtaista, tuotantokelpoiseen tuotteeseen tähtäävää teknistä suunnittelua ei sen laajuuden pitkäkestoisuuden vuoksi olisi ollut mahdollista tehdä diplomityön puitteissa.

Luodun menetelmän testaaminen on lisäksi samaisista aikarajoitteista johtuen rajattu yhteen tapaukseen. Prosessin testaaminen esimerkiksi kohdeyrityksen muiden tuoteperheiden kohdalla rajataan tämän tutkimuksen ulkopuolelle, vaikka on mahdollista, että sitä myöhemmin sovelletaan myös niihin liittyvissä projekteissa.

## 1.2 Työn rakenne

Työ on jaettu seitsemään lukuun. Ensimmäinen luku on johdanto, jossa pohjustetaan tutkimusta sekä esitellään tutkimusongelma, tutkimuksen tavoitteet ja rajaus. Toinen luku on kirjallisuuskatsaus, joka pyrkii selvittämään, mitä modulaarisuus ja teollinen muotoilu ovat ja millaisia menetelmiä tutkimusongelmaan liittyen kirjallisuudessa entuudestaan esiintyy. Kirjallisuuskatsauksen lopuksi esitellään myös perustelut sille, miksi tutkimus on syytä toteuttaa.

Tutkimusstrategia ja -menetelmät esitellään kolmannessa ja kohdeyritys sekä aineisto neljännessä luvussa. Tämän jälkeen viidennessä luvussa esitellään työn tulokset, eli BfID-prosessi ja siihen liittyvät edut sekä haasteet. Lisäksi arvioidaan saatuja tuloksia. Kuudes luku sisältää keskustelua liittyen muun muassa työn onnistumiseen ja mahdollisiin jatko-tutkimuksiin. Seitsemäs ja viimeinen luku on yhteenveto, jossa työn tärkein sisältö esitetään kootusti.

## 2. KIRJALLISUUSKATSAUS

Tässä luvussa esitellään modulointiin ja teollisen muotoiluun liittyvää teoriaa sekä kirjallisuudessa esiintyviä prosesseja niihin liittyen. Luvun lopussa on yhteenveto, jossa esitetään päätelmät kirjallisuuskatsauksen pohjalta ja perustellaan työn tarpeellisuus.

### 2.1 Modulaarisuus

Modulaarisuudelle esiintyy kirjallisuudessa useita määritelmiä ja käsitykset siitä vaihtelevat eri lähteiden välillä. Erixonin (1998, s. 58) mukaan modulaarisuus tarkoittaa yrityskohtaisista syistä tehtävää tuotteen jakamista määritellyt rajapinnat omaaviin rakennuspalikoihin, eli moduuleihin. Pahl et al. (2007, s. 515) mukaan modulaarisuus taas on tuotearkkitehtuurin tarkoituksenmukaisen järjestelmällisyyden aste.

Tässä työssä modulaarisuuden ajatellaan olevan liiketoimintalähtöistä, mitä käsitellään myöhemmin tarkemmin. Tätä ajattelutapaa kuvaa hyvin Andreassenin (2011, s. 303) määritelmä modulaarisuudelle: ”Modulaarisuus on suhteellinen ominaisuus; on merkityksentöntä analysoida ja kuvailla tuotteen näennäisesti modulaarista rakennetta, ellei tiedetä, miten se sopii tiettyyn yrityksen osa-alueeseen ja miten moduloinnin hyödyt luodaan”.

Lehtonen (2007) jakaa modulaarisuuden muunteluun tähtäävään M-modulaarisuuteen ja muista syistä tapahtuvaan elinkaarimodulaarisuuteen. M-modulaarisuudessa moduuleilla on määritetyt rajapinnat ja moduulit ovat keskenään vaihtokelpoisia, jolloin yhtä moduulia voidaan käyttää useissa tuotevarianteissa (Lehtonen 2007, s. 88–89). Elinkaarimodulaarisuus taas ei tähtää asiakasvarianttien luomiseen, vaan modulointiin valmistus-, ylläpito- tai logistiikkasyistä. Näissä tapauksissa tuote jaetaan moduuleihin, mutta moduulivariantteja ei esiinny, eikä tuotteelle ole määritetty varsinaista moduulijärjestelmää. (Lehtonen 2007, s. 89–90)

Lehtosen (2018a) mukaan neljä ohjaavaa periaatetta auttavat muodostamaan oikean ymmärryksen muunteluun tähtäävästä modulaarisuudesta. Periaatteet ovat:

1. Moduulilla on oltava rajapinta, joka on määritelty ja hallittavissa. Tämä mahdollistaa tuotteen helpon jakamisen moduuleihin.
2. Moduuli on olemassa vain moduulijärjestelmän osana. Moduulijärjestelmä määrittää moduulin tarkoituksen.
3. Yksi moduulijärjestelmä ei koostu toisista saman tason moduulijärjestelmistä. Tämä tekee konfiguroinnista yksinkertaisempaa. Tuotteessa voi olla sisäkkäisiä moduulijärjestelmiä.
4. Moduulit ja rajapinnat on erotettava erillisiksi hallittaviksi kokonaisuuksiksi.

Seuraavassa luvussa määritellään muita modulaarisuuden ja tämän työn kannalta oleellisia käsitteitä.

### 2.1.1 Määritelmiä

*Vakiointi* on saman komponentin tai osakokonaisuuden käyttämistä useissa tuotteissa (Ulrich & Eppinger 2012, s. 195). Kun useampi kuin yksi tuote käyttää samaa komponenttia, se on vakiokomponentti. Vakiointi laskee komponentin yksikkökustannuksia, kun sen tuotantomäärät nousevat. Usein vakiointi parantaa myös komponentin laatua ja ominaisuuksia oppimisen myötä. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 266) Vakiointi mahdollistaa moduloinnin (Pakkanen 2015, s. 53).

*Modulointi* tähtää muuntelun luomiseen asiakkaille luoden samalla samankaltaisuutta moduulivarianttien välille sekä yrityksen toimintojen monimutkaisuutta vähentävien tuoterakenteellisten ominaisuuksien luomiseen (Andreasen 2011, s. 302).

*Moduuli* on osakokonaisuus tuotteessa, jolla on selkeä toiminto ja ominaisuudet sekä samaan aikaan sellaiset rajapinnat ja vuorovaikutukset muiden osakokonaisuuksien kanssa, että se voidaan nähdä tuoterakenteen rakenneosana (Andreasen 2011, s. 302). Lehtosen (2007, s. 88) mukaan muunteluun tähtäävässä modulaarisuudessa osa on moduuli, jos sillä on määritelty rajapinta ja se on osa moduulijärjestelmää, joka koostuu vaihdettavista moduuleista.

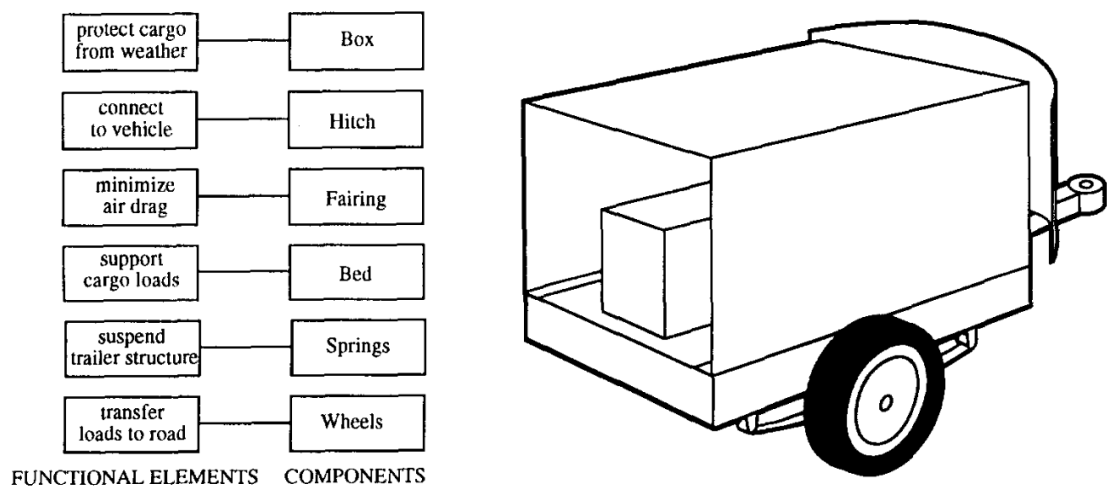
*Rajapinnan* muodostavat ne olosuhteet, jotka vuorovaikutus vaatii tapahtuakseen sekä ne fyysiset piirteet, jotka realisoivat rajapinnan ja fyysisesti toteuttavat vuorovaikutuksen (Parslov 2016, s. 63). Parslovin mukaan rajapinnan määritelmä on näin laaja siksi, että se ei ole eksakti mitattava asia, vaan enemmänkin konsepti, joka mahdollistaa kokonaisuuksien välisistä relaatioista puhumisen (2016, s. 63). Myös Pakkasen (2015, s. 67) mukaan modulointiin liittyviä rajapintoja käsitellään kirjallisuudessa abstraktilla tasolla. Jotta moduloinnin hyödyt voidaan realisoida, on tuotearkkitehtuurissa määritettävä standardoidut rajapinnat, jotka mahdollistavat tuotevarianttien tehokkaan luomisen moduuleista (Pakkanen 2015, s. 10).

Fujimoton (2007) mukaan *tuotearkkitehtuuri* on komponenteista koostuva suunnittelukonsepti ja kuvaus siitä, kuinka komponentit yhdistetään toisiinsa. Hänen mukaansa modulaarisessa arkkitehtuurissa elementtien väliset vuorovaikutukset tapahtuvat selkeästi määriteltyjen rajapintojen kautta. Se myös mahdollistaa vakiokomponenttien käytön, mikäli rajapinnat vastaavat teollisuuden standardeja. (2007) Andreasenin (2011) mukaan modulaarinen arkkitehtuuri myös mahdollistaa tuotevarianttien konfiguroinnin moduuleja yhdistelemällä.

## 2.1.2 Toimintoperusteinen modulaarisuus

Ulrich & Eppinger (2012) jakavat arkkitehtuurityypit modulaariseen ja integraaliseen arkkitehtuuriin, jotka ovat toistensa vastakohtia. Heidän mukaansa modulaarisessa arkkitehtuurissa jokaisella osakokonaisuudella on yksi tai muutama funktio ja osakokonaisuuksien väliset rajapinnat on selkeästi määriteltä ja ne ovat tuotteen perustoimintojen kannalta tärkeitä. Integraaliselle arkkitehtuurille tyypillistä taas on, että jokaisen toiminnon toteuttamiseen vaaditaan useampia osakokonaisuuksia, yksittäinen osakokonaisuus toteuttaa useita toimintoja ja osakokonaisuuksien väliset rajapinnat ovat heikosti määriteltä ja saattavat olla toisarvoisia tuotteen perustoimintojen kannalta. (2012, s. 185–186)

Pahl et al. (2007, s. 495) määrittelevät modulaarisen tuotteen toteuttavan useita erilaisia toimintoja määriteltujen osakokonaisuuksien, eli moduulien yhdistelmän avulla. He jakavat moduulit kahteen ryhmään: toimintomoduuleihin ja tuotantomoduuleihin. Toimintomoduulit toteuttavat tuotteen teknisiä toiminnallisuuksia, kun taas tuotantomoduulit ovat riippumattomia toiminnoista ja perustuvat tuotannollisiin seikkoihin. (2007, s. 496)



**Kuva 1.** Toimintoperusteisen modulaarisuuden periaate: moduulijako perustuu tuotteen toimintoihin (Ulrich 1995, s. 421).

Ulrichin & Eppingerin (2012, s. 185) mukaan kaikkein modulaarisin arkkitehtuuri on sellainen, missä kunkin tuotteen toiminnallisuuksista toteuttaa vain yksi osakokonaisuus ja missä osakokonaisuuksien välillä on vain vähän hyvin määriteltä vuorovaikutuksia. Heidän mukaansa kahden tuotteen modulaarisuuden astetta voi myös verrata tuotteiden teknisiä rakenteita tutkimalla (2012, s. 186). Tämä näkemys on ristiriidassa luvussa 2.1 esitetyn modulaarisuuden määritelmän kanssa, jonka mukaan modulaarisuus on suhteellinen käsite ja sen hyvyys riippuu yrityksen tavoitteista. Tämä määritelmä edustaa liiketoimintalähtöistä modulaarisuutta, jota käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

### 2.1.3 Liiketoimintalähtöinen modulaarisuus

Lehtonen (2007) on tutkinut väitöskirjassaan kirjallisuudessa esiintyviä modulaarisuuden teorioita ja menetelmiä. Hänen mukaansa ei ole olemassa sellaista periaatetta, jonka perusteella voitaisiin sanoa, että toimintoperusteinen moduulijako olisi optimaalinen modulaarisia tuotteita suunniteltaessa. Hänen mukaansa toimintorakenne on ensisijainen lähtökohta teknisen järjestelmän suunnittelulle, mutta ei moduulijärjestelmän suunnittelulle. Tuotteen toimintorakenteesta ei myöskään suoraan voida nähdä optimaalista moduulijakoa. (Lehtonen 2007, s. 67) Lehtosen mukaan toimintoperusteisuutta painotetaan liikaa moduulien suunnittelun syynä ja sen pitäisikin olla tasa-arvoinen muiden syiden kanssa (Lehtonen 2007, s. 96).

Väitteen tueksi Lehtonen esittää väitöskirjassaan kymmenen teollisuusesimerkkiä, joissa tuotteiden moduulirakenne on luotu sekä toimintorakenteen että liiketoiminnallisten tekijöiden pohjalta ja vertailtu rakenteiden soveltuvuutta yrityksen liiketoimintaan. Suurimassa osassa tapauksista liiketoimintalähtöinen moduulirakenne on parempi kuin toimintoperusteinen, eikä toimintoperusteinen moduulirakenne johda toivottuihin tuloksiin. (Lehtonen 2007, s. 167)

CASE	Is it possible to define function based modular structure?	Is function-based structure relevant to business goals?	Can the important topics for modular structure be seen in the frame model?	The usefulness of the frame approach versus function based approach
Drilling rig	YES	NO	YES	BETTER
Truck	YES	With reservation yes	YES	BETTER
Diesel locomotive	YES	NO	With reservation yes	With reservation better
Passenger ship	YES	NO	YES	BETTER
Safe box	YES	NO	With reservation yes	No difference
Machine tool	YES	YES	YES	No difference
Ambulance	YES	NO	YES	BETTER
Forestry machine	YES	NO	Partly yes	BETTER

**Kuva 2.** Toimintoperusteisen ja liiketoimintalähtöisen moduulirakenteen vertailu teollisuuden esimerkkitapauksissa (Lehtonen 2007, s. 167).

Tulosten perusteella Lehtonen toteaa, ettei toimintorakennetta voida pitää oletettuna lähtökohtana modulaarista tuotearkkitehtuuria luotaessa. Muunteluun tähtäävässä modulaarisuudessa modulaarisuus ei liity ainoastaan tuoterakenteeseen, vaan myös arvoketjut ja tuotantoprosessit, joissa tuote toimii, täytyy ottaa huomioon. (Lehtonen 2007, s. 168) Warellin (2001) mukaan tuoterakenteessa voi olla mukana myös esteettisiä elimiä (aesthetic organs), eli moduulin olemassaolon syy voi yrityksen liiketoimintaympäristön lisäksi liittyä muotoilun tavoitteisiin. Työn tulososiossa esiteltävässä suunnitteluprosessissa muotoilun vaatimukset ovatkin asiakastarpeiden kanssa rinnakkaisia vaatimuksia tuoteperheen jakologiikan muodostamisessa.

Seuraavassa luvussa esitelty Brownfield-prosessi, jota tämän työn toteutuksessa käytetään, perustuu liiketoimintalähtöiseen modulaarisuuteen ja näkemykseen siitä, että modulaarisen tuotearkkitehtuurin täytyy korreloida yrityksen liiketoimintaympäristön kanssa. BfP:n lisäksi toinen kirjallisuudessa esiintyvä liiketoimintaan liittyvät tekijät huomioiva moduloinnin menetelmä on Erixonin (1998) Modular Function Deployment (MFD). Menetelmä huomioi liiketoiminnan useissa kohdissa, mutta ei ole täysin liiketoimintalähtöinen, minkä vuoksi BfP valittiin tässä työssä käytettäväksi menetelmäksi. MFD käsittää viisi päävaihetta, joiden aikana modulaarinen tuoteperhe kehitetään. Ne ovat:

1. Selvitä asiakasvaatimukset
2. Valitse tekniset ratkaisut
3. Luo konsepteja
4. Arvioi konsepteja
5. Paranna jokaista moduulia. (Erixon 1998, s. 65)

MFD:n ensimmäisessä vaiheessa asiakasvaatimukset selvitetään QFD-matriisin (Quality Function Development) avulla ja määritetään suunniteltavan tuotteen vaatimukset. Tämä vaihe varmistaa, että modulaarinen tuote ylittääään mahdollistaa asiakasvaatimusten täyttämisen. Menetelmä on toimintolähtöinen siinä mielessä, että toisessa vaiheessa tuote jaetaan osiin sen toimintojen mukaisesti, mutta lopulliset tekniset ratkaisut kuitenkin valitaan sen perusteella, kuinka hyvin ne sopivat yhteen yrityksen tuotannollisten tavoitteiden kanssa (Erixon 1998, s. 69–71).

<b>Design and development</b>		
<b>Carry over</b>		
Are there	<input type="checkbox"/> strong <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> any	reasons that this technical solution should be a separate module because the new design can be carried over to coming product generations?
<b>Technology push</b>		
Is it	<input type="checkbox"/> a great risk <input type="checkbox"/> a medium risk <input type="checkbox"/> some risk	that this part will go through a technology shift during the product life cycle?
<b>Planned design changes (Product plan)</b>		
Are there	<input type="checkbox"/> strong <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> some	reasons why this part should be a separate module since it is the carrier of changing attributes that will be changed according a product plan?
<b>Variance</b>		
<b>Technical specification</b>		
Is this part	<input type="checkbox"/> strongly <input type="checkbox"/> fairly <input type="checkbox"/> to some extent	influenced by varying requirements?
<b>Styling</b>		
Is this part	<input type="checkbox"/> strongly <input type="checkbox"/> fairly <input type="checkbox"/> to some extent	influenced by trends and fashion in such a way that form and/or colour has to be altered, or should it be tied to a trademark?
<b>Production</b>		
<b>Common unit</b>		
Can this function have the same physical form in	<input type="checkbox"/> all <input type="checkbox"/> most <input type="checkbox"/> some	of the product variants?
<b>Process/Organisation</b>		
Are there	<input type="checkbox"/> strong <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> some	reasons why this part should be a separate module because: - a specific or specialised process is needed? - it has a suitable work content for a group? - a pedagogical assembly can be formed? - the lead time will differ extraordinary?
<b>Quality</b>		
<b>Separate testing</b>		
Are there	<input type="checkbox"/> strong <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> some	reasons why this part should be a separate module because its function can be tested separately?
<b>Purchase</b>		
<b>Black-box-engineering</b>		
Are there	<input type="checkbox"/> strong <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> some	reasons for which this part should be a separate module because: - there are specialists that can deliver the part as a black box? - the logistics cost can be reduced? - the production and development capacity can be balanced?
<b>After Sales</b>		
<b>Service/maintenance</b>		
Is it possible that	<input type="checkbox"/> all <input type="checkbox"/> most <input type="checkbox"/> some	of the service repair will be easier if this part is easy detachable?
<b>Upgrading</b>		
Can	<input type="checkbox"/> all <input type="checkbox"/> most <input type="checkbox"/> some	of the future upgrading be simplified if this part is easy to change?
<b>Recycling</b>		
Is it possible to keep	<input type="checkbox"/> all <input type="checkbox"/> most <input type="checkbox"/> some	of the highly polluting material or easy recyclable material in this part (material purity)?

**Kuva 3.** Työkalu MIM-matriisin muodostamiseen (Erixon 1998, s. 78–80).

Kolmannessa vaiheessa teknisien ratkaisujen muodostamia toimintoja arvioidaan systemaattisesti Module Indication Matrixin (MIM) avulla. Se on MFD:n tärkein osa ja antaa tietoa siitä, minkä alitoimintojen pitäisi muodostaa keskenään moduuli. Toimintoja analysoidaan Erixonin esittelemien moduloinnin syiden (module drivers) avulla ja matriisiin merkitään, vaikuttaako tietty syy kyseiseen toimintoon. MIM luo tietoa syistä kunkin moduulin muodostamisen taustalla. (Erixon 1998, s. 77-80) Neljännessä vaiheessa moduulikonsepteja arvioidaan esimerkiksi rajapintojen toimivuuden kannalta ja valitaan lopulliset moduulit. Viimeisessä vaiheessa valittuja moduuleita jatkokehitetään aiempien vaiheiden työkaluilla ja ne dokumentoidaan. (Erixon 1998, s. 111) Tarkemmin menetelmä on esitelty Erixonin (1998) väitöskirjassa.



## 2.2 Brownfield-prosessi

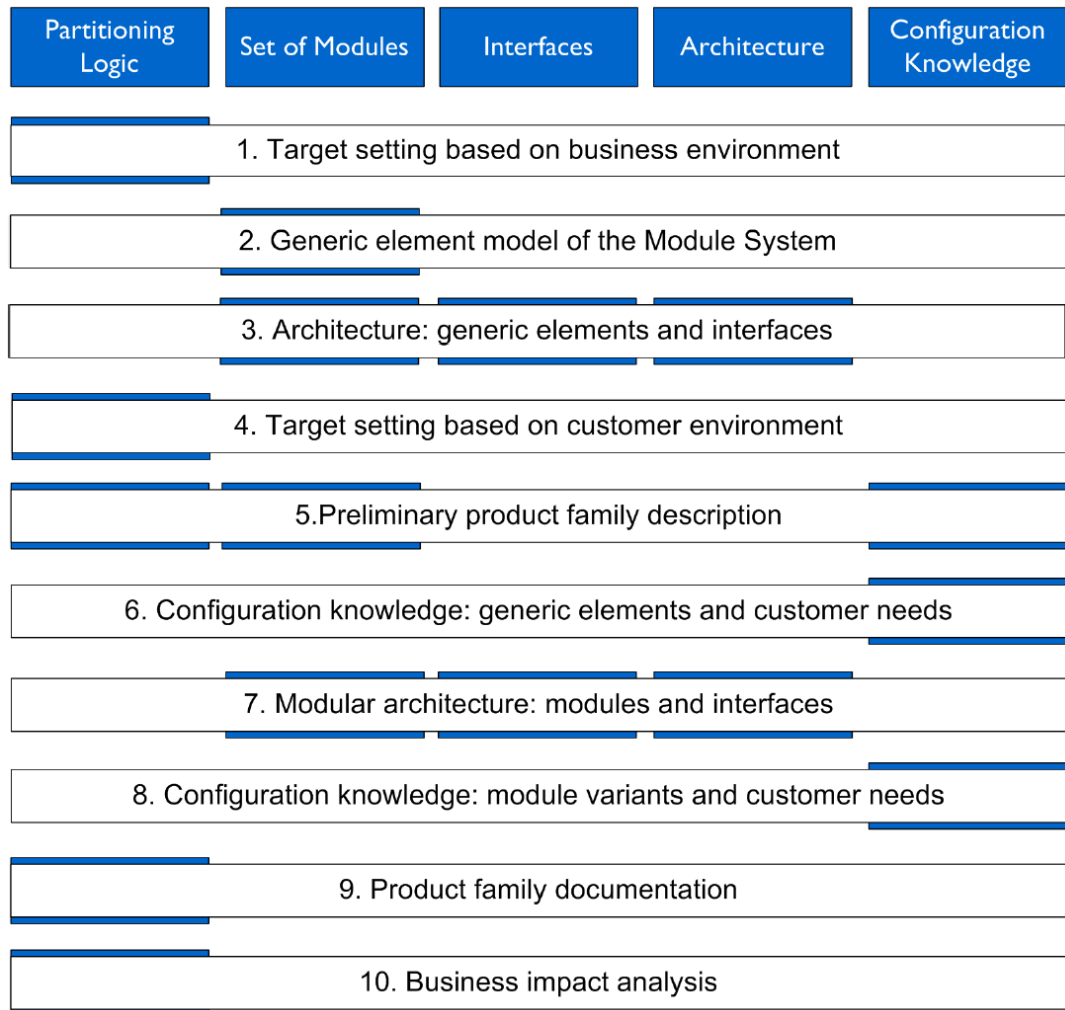
Brownfield-prosessin tarkoituksena on nykyisen tuotevalikoiman järjeistäminen modulaariseksi tuoteperheeksi. Pääsyy menetelmän käyttämiselle teollisuudessa on tilanne, jossa yrityksen tuotevalikoima on ajan myötä kasvanut, eivätkä nykyiset tuotteet enää täytä optimaalisesti liiketoiminta- ja asiakasvaatimuksia aiheuttaen lisäksi hämmennystä myynti-toimitusprosessissa ja myöhemmissä elinkaaren vaiheissa. (Pakkanen 2015, s. 181)

Termi Brownfield menetelmän nimessä tarkoittaa olemassa olevien kilpailuetujen uudelleenkäyttöä ja pitää sisällään tiedon, että tuotteen nykyiset rakenteet voivat asettaa rajoitteita suunnittelulle ja ratkaisuille (Pakkanen 2015, s. 171). Kyseessä on siis nimenomaan olemassa olevien tuotteiden uudelleensuunnitteluun ja järjeistämiseen tarkoitettu menetelmä, joka hyödyntää nykyisiä ratkaisuja pyrkien lisäämään samankaltaisuutta säilyttäen muuntelumahdollisuudet (Pakkanen 2015, s. 181).

BfP koostuu kymmenestä vaiheesta, jotka on esitelty seuraavissa luvuissa. Jokaisessa vaiheessa on tarkoitus luoda jotakin viidestä moduulijärjestelmän suunnittelutiedon osasta, jotka ovat jakologiikka, moduulit, rajapinnat, arkkitehtuuri ja konfiguraatiotieto. Jakologiikka kuvaa liiketoiminnallisia syitä tietynlaisen moduulijaon taustalla ja kertoo, miksi moduulijärjestelmän osat ovat sellaisia kuin ovat. Moduulit ovat moduulijärjestelmän rakennusosia ja rajapinnat mahdollistavat moduulien vaihtokelpoisuuden ja riippumattomuuden toisistaan. Arkkitehtuuri kuvaa moduulijärjestelmän layoutia ja sitä, miten moduulit ja rajapinnat sijoittuvat tuotteen sisällä. Konfiguraatiotieto taas kuvaa, mitkä moduulivariantit vastaavat tiettyyn asiakastarpeeseen ja mitkä moduulit ovat yhteensopivia toistensa kanssa. (Pakkanen 2015, s. 67–68)

Vaiheiden tarkoitus on myös jakaa monimutkainen suunnittelutehtävä hallittavissa oleviin osiin (Pakkanen 2015, s. 181). BfP sisältää iteraatiota, kun jo määriteltyihin suunnittelutiedon osiin palataan myöhemmissä vaiheissa ja määrittelyä tarkennetaan (Pakkanen 2015, s. 180). Vaiheet ovat:

1. Tavoitteiden asettaminen liiketoimintaympäristön perusteella
2. Geneerinen elementtimalli moduulijärjestelmästä
3. Arkkitehtuuri: geneeriset elementit ja rajapinnat
4. Tavoitteiden asettaminen asiakasympäristön perusteella
5. Alustava tuoteperheen kuvaus
6. Konfiguraatiotieto: geneeriset elementit ja asiakastarpeet
7. Modulaarinen arkkitehtuuri: moduulit ja rajapinnat
8. Konfiguraatiotieto: moduulivariantit ja asiakastarpeet
9. Tuoteperheen dokumentointi
10. Liiketoimintavaikutusten arviointi (Pakkanen 2015, s. 172).



**Kuva 4.** Brownfield-prosessin vaiheet ja niihin liittyvät suunnittelutiedon osat (Pakkanen 2015, s. 172).

Prosessi alkaa ja loppuu liiketoimintaan liittyvien tekijöiden tarkastelulla, koska suunnittelun tulosten on sovittava yrityksen liiketoimintaympäristöön tukeakseen kilpailukykyä ja kannattavuutta (Pakkanen 2015, s. 171). Tässä työssä esitetään tiivistelmät prosessin vaiheista. Kattavat kuvaukset ovat saatavilla Pakkanen väitöskirjassa (2015).

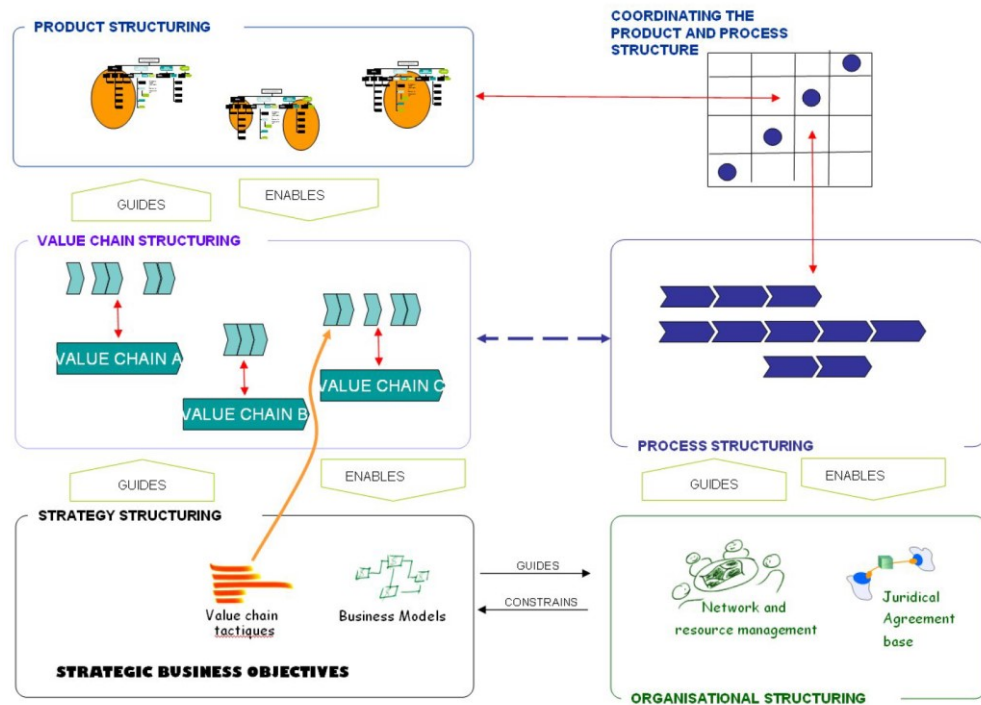
Pakkanen (2015, s. 228) esittelee myös muunnelmia prosessin vaiheiden järjestyksestä. Tämän työn esimerkkitapauksessa käytettiin muunnelmaa, jossa vaihe 4, eli tavoitteiden asettaminen asiakasympäristön perusteella, tehdään toisena heti liiketoimintaan perustuvien tavoitteiden määrittämisen jälkeen. Pakkanen mukaan tämä järjestys on yhtä käyttökelpoinen kuin aiemmin esitelty järjestyskin (2015, s. 228). Näin toimittiin, koska asiakasvaatimusten haluttiin nousevan esille kohdeyrityksessä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, sillä tuoteperheen kyvyn ottaa ne huomioon katsottiin olevan yrityksen tavoitteiden saavuttamisen kannalta tärkeää. Myös seuraavissa luvuissa vaiheet esiintyvät tässä järjestyksessä sekaannusten välttämiseksi.

### **2.2.1 Vaihe 1: Tavoitteiden määrittäminen liiketoimintaympäristön perusteella**

Ensimmäisen vaiheen tavoitteena on määrittellä tavoitteet olemassa olevaan tuotevalikoimaan perustuvan modulaarisen tuoteperheen suunnittelulle. Vaiheen aluksi päätetään yrityksen oman harkinnan perusteella suunnittelutyön laajuus, eli mitkä tuotteet prosessin kohteeksi valitaan. Kattavuuden pienentäminen vähentää suunnittelutehtävien monimutkaisuutta, mutta saattaa vähentää mahdollisia saavutettavia etuja koko tuotevalikoiman tasolla. (Pakkanen 2015, s. 183–185)

Laajuuden määrittämisen jälkeen aloitetaan tavoitteiden määrittely. Tämä voidaan tehdä kahdella eri työkalulla riippuen siitä, kuinka hyvin tavoitteet ja moduloinnin mahdollistamat hyödyt ovat jo ennestään selvillä yrityksessä. Jos tavoitteiden ja mahdollisuuksien katsotaan olevan itsestään selviä ja niistä on yhteinen ymmärrys, voidaan työkaluna käyttää syy-seuraus-kaaviota (cause-and-effect-diagram) (Pakkanen 2015, s. 187). Sen avulla voidaan vahvistaa oletukset tavoitteista ja mahdollisista hyödyistä, koska se listaa geneeriset hyödyt kattavasti eri näkökulmista. Lisäksi sen avulla voidaan tunnistaa liiketoiminnan alueet, joissa on saavutettavissa suurimmat hyödyt. (Pakkanen 2015, s. 185)

Jos tavoitteet tuotekehitykselle ovat epäselviä, suositellaan kattavampaan tavoitteiden määrittelyyn Company Strategic Landscape -työkalua (CSL). CSL kuvaa liiketoimintaympäristön pääalueet tuoterakenteen näkökulmasta sekä tuoterakenteen kannalta olennaisimmat asiat liiketoimintaympäristössä ja niiden väliset suhteet (Pakkanen 2015, s. 185; Lehtonen 2007, s. 97). Tavoitteiden määrittely toteutetaan työpajatyöskentelynä yrityksen eri liiketoiminta-alueiden edustajien kesken, jolloin keskusteluun saadaan mahdollisimman laaja näkökulma. Tavoitteiden asettamisessa on tarkoitus selvittää, mitkä tekijät liiketoimintaympäristössä aiheuttavat tarpeen muuntelulle sekä millä alueilla samankaltaisuudesta tuoterakenteessa olisi eniten hyötyä. (Pakkanen 2015, s. 185–186)



**Kuva 5.** CSL-viitekehys tavoitteiden määrittämisen pohjaksi (Lehtonen 2007, s. 97)

Ensimmäisen vaiheen tuloksia tarvitaan seuraavissa vaiheissa ja se määrittää lähtökohdat modulaarisen tuoteperheen suunnittelulle liiketoimintaympäristön näkökulmasta. Liiketoimintaympäristön analysoinnin tarkoituksena on löytää liiketoimintaympäristöön perustuvat syyt moduloinnille. Vaihe siis auttaa luomaan tuoteperheen jakologiikkaa. (Pakkanen 2015, s. 186–188)

CSL-kartan muodostamisen jälkeen voidaan suunnittelun tavoitteita konkretisoida Lehtosen (2018b) esittelemien tuoterakenteen muotoiluperiaatteiden (Product Structuring Principles, PSP) avulla. PSP:t ovat onnistuneiden käytännön tuotekehityshankkeiden pohjalta muodostettuja periaatteita, joita noudattamalla liiketoimintatavoitteisiin vastaavan modulaarisen tuotearkkitehtuurin suunnittelu helpottuu. Lehtonen (2018b) esittelee 12 PSP:tä, jotka ovat:

1. Käytä perusrakenne-rakenneperiaatetta, eli pyri tilanteeseen, jossa kaikki kokoonpanot kiinnitetään runkorakenteeseen.
2. Jaa tuotteen runkorakenne toimitustavan mukaisesti.
3. Mahdollista täysi pääkomponenttien vaihdettavuus.
4. Standardoi lisävarusteiden, kaapeleiden ym. paikat ja liitännät.
5. Tee moduulivarianteille tilavaraukset.
6. Käytä hyväksi vakiointia.
7. Luo ennalta määritetty vakiokonfiguraatio tunnetuille yleisimmille varianteille ja asiakkaille.
8. Käytä muuntelua rajoittavia alueita moduulivarianttien välissä, eli luo tilanne, jossa variaatioita sisältävät moduulit kiinnittyvät aina vain standardimoduuleihin.

9. Tähtää valmiiksi testattuihin nopeasti asennuspaikalla asennettaviin elementteihin.
10. Suunnittele valinnaiset lisävarusteet vaihtokelpoisiksi tai helposti perustuotteeseen lisättäviksi.
11. Luo kyky toimittaa asiakaskohtaista viimeistelyä.
12. Luo yksi perusratkaisu, joka konfiguroidaan asiakaskohtaiseksi vaihtokelpoisilla moduuleilla.

Lehtosen (2018b) mukaan vastaavanlaisia periaatteita on mahdollista tunnistaa lisää yrityskohtaisesta CSL-kartasta, mikäli siellä ilmenee erityisiä tarpeita. PSP:itä suunnittelussa noudattamalla jakologiikka konkretisoituu.

### **2.2.2 Vaihe 2: Tavoitteiden asettaminen asiakasympäristön perusteella**

Toisen vaiheen tavoitteena on määrittää tuoteperheelle tavoitteet asiakasvaatimuksiin pohjautuen. Asiakasympäristön analysointi on tärkeää yrityksen muuttaessa toimintaansa projektikohtaisista toimituksista kohti konfiguroituvaa tuoterakennetta, sillä formalisoituja asiakastarpeita tarvitaan konfiguraatiosääntöjen määrittämisessä. Nämä säännöt kertovat, millainen konfiguraatio tuotteesta tarjotaan asiakkaalle, jolla on tietyt vaatimukset. (Pakkanen 2015, s. 194)

On mahdollista, että ajan kuluessa tuotteen ominaisuuksiin jää vaatimuksia, jotka eivät nykyisessä tilanteessa ole enää relevantteja ja saattavat jopa haitata liiketoimintaa. Asiakastarpeiden analysoinnilla varmistetaan, että tarpeet ovat ajan tasalla eivätkä perustu vanhoihin tuotteisiin. Analyysi myös määrittää ajantasaiset asiakasvaatimukset tuoteperheen suunnittelua varten. (Pakkanen 2015, s. 194–195)

BfP:n työkalu asiakastarpeiden määrittämiseen on niin sanottu Gripen-menetelmä. Sen mukaan asiakastarpeiden määrittelyssä on lähdettävä liikkeelle siitä, että ymmärretään prosessit, joissa asiakas käyttää suunnittelun kohteena olevaa tuotetta. Asiakkaiden prosessien eroavaisuuksista pyritään löytämään tekijät, jotka aiheuttavat muuntelutarpeita eri asiakkaiden välillä. Gripen-menetelmässä muuntelutarpeita aiheuttavia tekijöitä etsitään neljän kysymyksen avulla, jotka ovat:

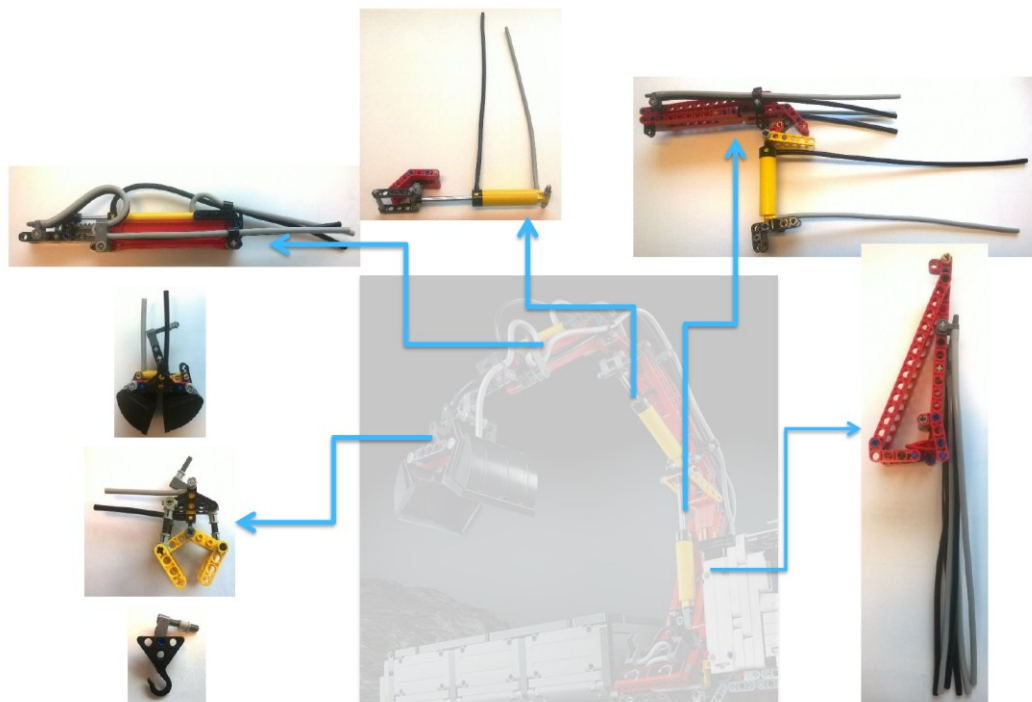
1. Millaisia prosesseja, joissa asiakas käyttää tuotetta, voidaan tunnistaa?
2. Miten asiakas käyttää tuotetta ja millaisia yleisiä prosessin vaiheita käytötavasta voidaan tunnistaa?
3. Minkälaisia vaihtoehtoisia parametreja tai vaihtoehtoja, jotka vaikuttavat tuotteen määrittelyyn, liittyy kuhunkin prosessin vaiheeseen?
4. Onko olemassa muita tekijöitä tai valittuja toimintatapoja, jotka aiheuttavat tarpeen erilaisille tuotevariaatioille? (Pakkanen 2015, s. 195)

On suositeltavaa, että ainakin yrityksen myynnin edustaja osallistuu tämän vaiheen toteutukseen. Vaiheen tuloksena syntyy tieto asiakkaiden tavoista käyttää tuotetta ja asiakastarpeiden aiheuttamista muuntelutarpeista tuotteelle. Myös tämä vaihe siis auttaa luomaan moduulijärjestelmän jakologiikkaa. (Pakkanen 2015, s. 195)

### 2.2.3 Vaihe 3: Geneerinen elementtimalli moduulijärjestelmästä

Tavoitteiden määrittelyn jälkeen aloitetaan moduulijaon suunnittelu. BfP:ssä alustava moduulijako tehdään niin kutsutun geneerisen elementtimallin perusteella. Geneerinen elementti (GE) on abstrakti elementti tuoterakenteessa ja ne määritellään sen perusteella, mistä kokonaisuuksista yritys katsoo tuotteiden koostuvan. (Pakkanen 2015, s. 188–189) GE:llä on kaksi pääominaisuutta: se sisältää kaiken tarvittavan yhden muunteluvaatimuksen toteuttamiseen ja se on mahdollista toteuttaa teknisenä yksikkönä (Lehtonen 2018c). Lisäksi geneerisen elementtimallin on sovittava yhteen yrityksen liiketoimintatavoitteiden kanssa. (Pakkanen 2015, s. 188–189)

GE:itä määritettäessä on otettava huomioon samankaltaisuus eri elementtien välillä ja harkittava mahdollisuutta yhdistää samankaltaiset GE:t yhdeksi. Tämä estää turhan muuntelun syntymistä tuotteeseen, mikä voisi vähentää modulaarisella tuoteperheellä saavutettavia hyötyjä. Tavoitteena on jakaa tuote elementteihin, jotka eivät sisällä päällekkäisyyksiä ja siten rajaavat muuntelun vaikutusta tietylle alueelle tuotteessa. (Pakkanen 2015, s. 189–190)



**Kuva 6.** Havainnekuva tuotteen jaosta geneerisiin elementteihin (Lehtonen 2018b)

Lähtötietona tässä vaiheessa tarvitaan tietoa niistä tuotteista, jotka on valittu suunniteltuun. BfP:n edetessä GE:t määritellään tarkemmin, ja lopullisessa moduulirakenteessa yksi GE voi koostua yhdestä tai useammasta moduulista. Vaiheen tuloksena syntyy lähtökohta alustavalle moduulijaolle ja sitä käytetään myöhemmin alustavan arkkitehtuurin määrittämisessä tuoteperheelle. Vaihe luo suunnittelutietoa liittyen moduuleihin. (Pakkanen 2015, s. 188–191)

## 2.2.4 Vaihe 4: Arkkitehtuuri: geneeriset elementit ja rajapinnat

Neljännessä vaiheessa tuoteperheelle hahmotellaan arkkitehtuuri, jossa geneeriset elementit ja niiden väliset rajapinnat määritellään. Vaihe keskittyy siihen, miten GE:t sijoituvat tuotteen sisällä. GE:t sijoittamalla ja niiden väliset relaatiot määrittelemällä saadaan selville alustavat rajapinnat, joita moduulijärjestelmässä pitää hallita. Tässä vaiheessa pelkkä rajapintojen tunnistaminen riittää, eikä niiden tyyppiä tarvitse vielä määritellä tarkemmin. Jos arkkitehtuuri on avoin, voidaan siihen määriteltyjen rajapintojen ansiosta lisätä myöhemmin uusia moduuleja asiakastarpeiden muuttuessa. (Pakkanen 2015, s. 191–192)

Arkkitehtuuria voidaan hahmotella matriisityökaluilla tai sekä visualisoida perinteisillä tietokoneohjelmilla yksinkertaisesti. Matriisityökalujen avulla relaatiot GE:iden välillä voidaan määrittää järjestelmällisesti. (Pakkanen 2015, s. 192–193) Esimerkki matriisin käytöstä arkkitehtuurin määrittämisessä on esitetty kuvassa 7.

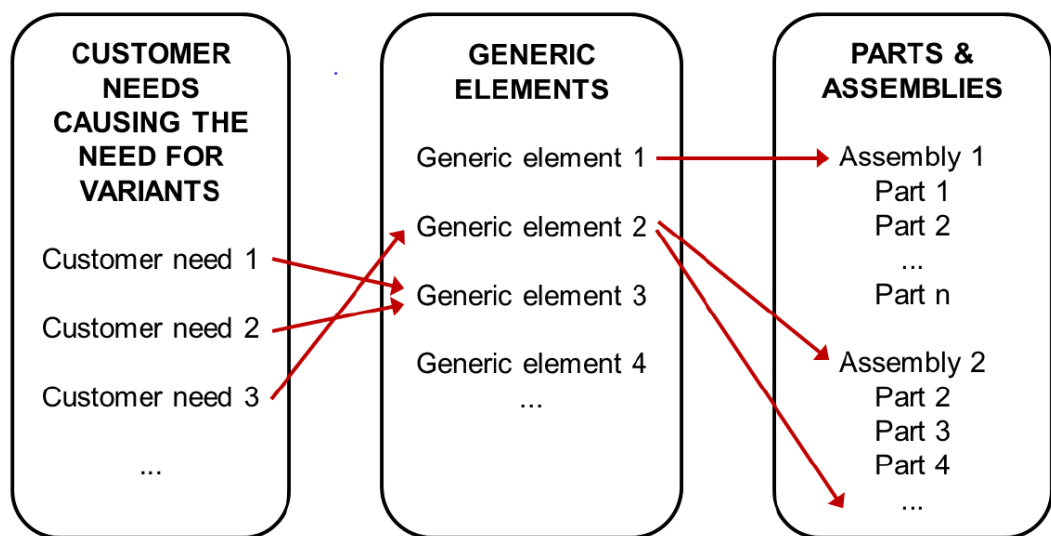
DSM for interface recognition	Generic element 1	Generic element 2	Generic element 3	Generic element 4	Generic element 5
Generic element 1					
Generic element 2	x				
Generic element 3	x	x			
Generic element 4		x			
Generic element 5			x		

**Kuva 7.** Rajapintojen tunnistaminen DSM-matriisin avulla

Vaiheen tuloksena syntyy hahmotelma arkkitehtuurista, joka havainnollistaa rajapintojen sijainteja tuotteessa. Vaiheen tuloksia tarvitaan myöhemmin vaiheessa 7, jossa moduulit ja rajapinnat määritellään tarkemmin. Tämä vaihe luo suunnittelutietoa liittyen arkkitehtuuriin, moduuleihin ja rajapintoihin. (Pakkanen 2015, s. 193)

## 2.2.5 Vaihe 5: Alustava tuoteperheen kuvaus

Viidennessä vaiheessa jakologiikan määrittämistä jatketaan ja geneerisistä elementeistä pyritään löytämään lisää vakiointimahdollisuuksia. Aikaisemmin käsiteltyjen asiakasvaatimusten ja geneeristen elementtien rinnalle otetaan komponenttitaso ja mallinnetaan näiden kolmen näkökulman väliset relaatiot. Näin varmistetaan, että jokaista asiakastarvetta vastaa ainakin yksi GE ja määritetään, mitkä konkreettiset osat ja kokoonpanot tuoteperheessä realisoivat ne. Lähtökohta on, että jokaisen osan ja moduulin pitää liittyä johonkin asiakastarpeeseen, jotta välttyään turhilta variaatioilta. Poikkeuksena tästä säännöstä on tilanne, jossa variaatiolle on olemassa erillinen syy yrityksen liiketoimintaympäristössä. Jos joihinkin GE:ihin ei liity asiakasvaatimuksia, ne ovat hyviä mahdollisia vakiomoduuleita. (Pakkanen 2015, s. 196–198)



**Kuva 8.** Havainnekuva alustavan tuoteperhekuvausten ideasta (Pakkanen 2015, s. 197)

Jos geneeriseen elementtiin liittyvä osakokonaisuus voidaan muodostaa pienestä määrästä vakio-osalistoja, se on hyvä ehdokas moduuliksi. Jos suurin osa osakokonaisuudesta voidaan vakioida ja vain pieni osa muuttuu, on tästä osakokonaisuudesta mahdollista tehdä konfiguroituva moduuli. Jos taas osakokonaisuutta ei ole mahdollista muodostaa vakio-osalistoilta, voidaan tämä kokonaisuus jättää toimituskohtaiseksi moduuliksi, joka ei kuulu tuoteperheeseen. (Pakkanen 2015, s. 198)

Tämän vaiheen pääsisältö on löytää lisää vakiointimahdollisuuksia sekä määrittää tarvittavien varianttien lukumäärä. Vaiheen tuloksena syntyy alustava tuoteperheen kuvaus, josta käyvät ilmi relaatiot asiakastarpeiden, geneeristen elementtien sekä osien ja kokoonpanojen välillä. Vaihe luo suunnittelutietoa liittyen jakologiikkaan, moduuleihin ja konfiguraatietietoon. (Pakkanen 2015, s. 199)



## 2.2.6 Vaihe 6: Konfiguraatiotieto: geneeriset elementit ja asiakastarpeet

Kuudennessa vaiheessa luodaan alustava tuoteperheen konfiguraatiotieto. Tässä vaiheessa konfiguraatiotieto koostuu geneeristen elementtien ja muuntelutarpeita aiheuttavien asiakasvaatimusten välisistä suhteista, jotka tässä vaiheessa määritetään. (Pakkanen 2015, s. 199)

Relaatioiden määrittämiseen käytetään muokattua K-matriisityökalua. Siinä geneeristen elementtien ja asiakastarpeiden välisiä suhteita voi olla neljänlaisia. Asiakastarve voi vaatia tietyn GE:n, se voi sulkea tietyn GE:n pois, se saattaa vaikuttaa GE:hen tai ei vaikuta lainkaan. GE:t luokitellaan matriisissa ryhmittäin sen mukaan, millaisia erilaisia variaatioita tietystä GE:stä on saatavilla. (Pakkanen 2015, s. 200–201) Esimerkki matriisista on esitetty kuvassa 9.

**Modified K-Matrix (configuration knowledge matrix)**

(1) Customer need requires generic element  
 (2) Customer need excludes generic element  
 (3) Customer need might affect generic element  
 (empty cell) Customer need does not affect generic element

GENERIC ELEMENTS	CONTENT AND TYPE OF GENERIC ELEMENTS	CUSTOMER NEEDS														
		Customer need group 1	Customer need 1.1	Customer need 1.2	Customer need 1.3	Customer need group 2	Customer need 2.1	Customer need 2.2	Customer need group 3	Customer need 3.1	Customer need 3.2	Customer need 3.3	Customer need 3.4	Customer need 3.5	Customer need group 4	...
Generic element 1																
Generic element 2								1								
Generic element 3		1				1										
Generic element 4						1										

**Kuva 9.** Muokattu K-matriisi geneeristen elementtien ja asiakastarpeiden välisten suhteiden määrittämiseen (Pakkanen 2015, s. 201)

Vaiheen tulokset kertovat, mikä GE on yhteensopiva minkäkin asiakastarpeen kanssa. Tuloksia tarvitaan moduulien ja rajapintojen suunnittelussa vaiheessa 7 sekä varsinaisen konfiguraatiotiedon määrittämisessä vaiheessa 8. Tämän vaiheen tulokset auttavat varmistamaan, että myöhemmin suunniteltavat moduulit kattavat kaikki relevantit asiakastarpeet. (Pakkanen 2015, s. 201)

## 2.2.7 Vaihe 7: Modulaarinen arkkitehtuuri: moduulit ja rajapinnat

Aikaisemmat vaiheet ovat luoneet tuoteperheen suunnittelussa tarvittavaa tietoa ja tässä vaiheessa tuoteperheen arkkitehtuuri, moduulit ja rajapinnat määritellään tarkemmin sitä hyödyntäen. Vaiheen tavoitteena on tunnistaa arkkitehtuurin elementtien tyypit, määrittää, mistä osista geneeriset elementit koostuvat ja määrittää kokonaisuudessaan arkkitehtuuri ja sen rajapinnat. (Pakkanen 2015, s. 202–203)

Vaiheen aluksi määritellään, ovatko tuoterakenteen elementit vakioita, konfiguroituvia, osittain konfiguroituvia vai projektikohtaisia. Vakioelementti on sama tuoteperheen kaikissa varianteissa, konfiguroituva elementti valitaan vakioiduista ratkaisuksista, osittain konfiguroituva on suurelta osin vakio, mutta sisältää jonkin konfiguroituvan osan ja projektikohtainen elementti suunnitellaan projektin yhteydessä uniikiksi ratkaisuksi. Uniikkeja elementtejä olisi uudelleenikäytön hyötyjen kannalta vältettävä, mutta mikäli niitä tarvitaan, voi tuoteperhe olla kokonaisuudessaan osittain konfiguroituva. (Pakkanen 2015, s. 203)

Kun elementtien tyypit on selvitetty, määritetään erilaisten varianttien määrä kutakin elementtiä kohden perustuen vaiheessa 2 määritettyihin asiakastarpeisiin. Nykyistä tuoterakennetta analysoimalla voi selvittää, että variaatioita on siinä liikaa, liian vähän tai sopiva määrä. Tavoitteena on, että turhat variaatiot eli erilaiset osakokonaisuudet lähes samaan asiakastarpeeseen saataisiin karsittua pois tuoterakenteesta. (Pakkanen 2015, s. 205)

Viimeisenä seitsemännessä vaiheessa määritellään arkkitehtuurin rajapinnat. Keskeinen tavoite koko tuoteperheen suunnittelulle on, että tuoteperheen sisällä kaikki rajapinnat olisivat vakioita. Tämä mahdollistaa moduulien helpon vaihdettavuuden. Lisäksi rajapintojen määrittely helpottaa moduulivarianttien suunnittelua, koska se määrittää, mitä vaatimuksia moduulien on täytettävä. Rajapintoja suunnitellessa on huomioitava myös arkkitehtuurin tilavaraukset muuttuville varianteille. (Pakkanen 2015, s. 207)

Tämän vaiheen tulokset määrittävät, mistä moduuleista ja rajapinnoista suunniteltava tuoteperhe koostuu. Tuloksien perusteella luodaan lopullinen konfiguraatiotieto ja ne dokumentoidaan lopulliseksi kuvaukseksi tuoteperheestä. Tuloksien perusteella myös arvioidaan suunnitellun tuoteperheen liiketoimintavaikutuksia. (Pakkanen 2015, s. 207)

### **2.2.8 Vaihe 8: Konfiguraatiotieto: moduulivariantit ja asiakastarpeet**

Kahdeksannessa vaiheessa määritetään lopullinen konfiguraatiotieto. Erona kuudenteen vaiheeseen on, että tässä vaiheessa relaatiot määritetään asiakasvaatimusten ja varsinaisten moduulivarianttien välille geneeristen elementtien sijaan. Työkaluna käytetään samaa matriisia kuin vaiheessa 6 ja siihen listataan nyt seitsemännen vaiheen tuloksena syntyneet moduulivariantit ja muuntelua aiheuttavat asiakasvaatimukset. Vaihe kertoo, mitkä tekniset ratkaisut vastaavat mihinkin asiakastarpeeseen. (Pakkanen 2015, s. 208–209)

**Modified K-Matrix (configuration knowledge matrix)**

(1) Customer need requires generic element / solution  
 (2) Customer need excludes generic element / solution  
 (3) Customer need might affect generic element / solution  
 (empty cell) Customer need does not affect generic element / solution

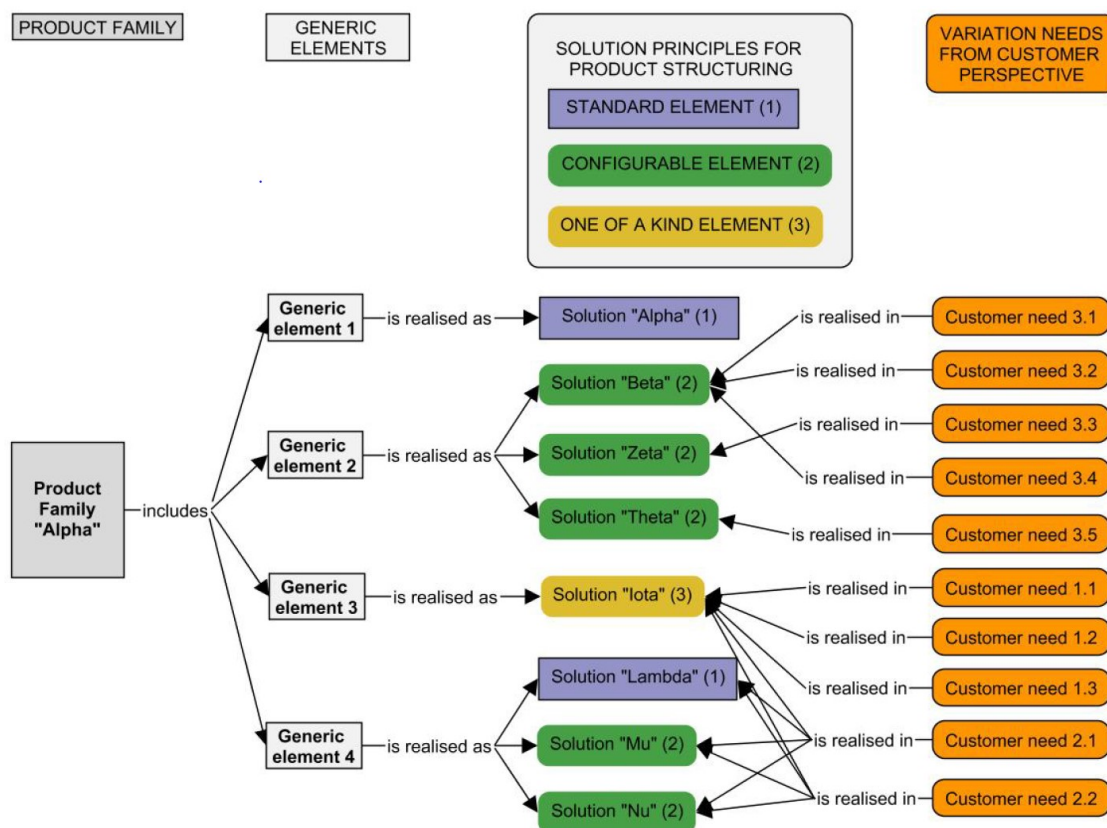
		CUSTOMER NEEDS													
		Customer need group 1			Customer need group 2			Customer need group 3			Customer need group 4				
		Customer need 1.1	Customer need 1.2	Customer need 1.3	Customer need 2.1	Customer need 2.2	Customer need 2.3	Customer need 3.1	Customer need 3.2	Customer need 3.3	Customer need 3.4	Customer need 3.5	Customer need 3.6		
GENERIC ELEMENTS	CONTENT AND TYPE OF GENERIC ELEMENTS														
Generic element 1	Solution "Alpha" (Standard element)														
Generic element 2	Solution "Beta" (Configurable element)							1							
	Solution "Zeta" (Configurable element)								1	1		1			
	Solution "Theta" (Configurable element)									1					
Generic element 3	Solution "Iota" (One of a kind element)	1			1								1		
Generic element 4			1	1	1		1	1							
...	...				1										

**Kuva 10.** Moduulivarianttien ja asiakasvaatimusten väliset relaatiot matriisissa (Pakkanen 2015, s. 209).

Matriisityökaluilla voidaan tässä vaiheessa mallintaa myös eri teknisten ratkaisujen tai asiakasvaatimusten riippuvuutta toisistaan ja selvittää esimerkiksi vaatiiko tai sulkeeko pois jokin moduulivariantti toisen moduulivariantin. Jos tässä vaiheessa huomataan, että määritellyt asiakastarpeet eivät kata jotakin yritykselle tärkeää markkina-aluetta, voidaan tuoteperheen teknistä suunnittelua iteroida palaamalla aikaisempiin vaiheisiin. (Pakkanen 2015, s. 209–210)

## 2.2.9 Vaihe 9: Tuoteperheen dokumentointi

Sen lisäksi, että jokaisessa vaiheessa dokumentoidaan niiden merkittävimmät tulokset, sisältää prosessi erillisen dokumentointivaiheen, jossa suunniteltua tuoteperhettä tarkastellaan suunnittelun ratkaisujen syiden kannalta. Dokumentoinnin tavoitteena on kuvata tuoteperheen sisältö ja selittää, mihin asiakastarpeeseen mikin moduulivariantti vastaa. (Pakkanen 2015, s. 211)



*Kuva 11. Esimerkki tuoteperheen dokumentoinnista PSBP:n avulla (Pakkanen 2015, s. 212).*

Tuoteperheen dokumentointiin voidaan käyttää taulukkoa nimeltä Product Structuring Blue Print (PSBP). Sen tavoitteena on visualisoida tuoteperheen jakologiikka ja suunnitteluratkaisujen syyt. Tuoteperheen dokumentointi on tärkeä apuväline myynnin ja markkinoinnin työssä sekä tilanteissa, joissa tuoteperhettä muutetaan tulevaisuudessa. (Pakkanen 2015, s. 211–212)

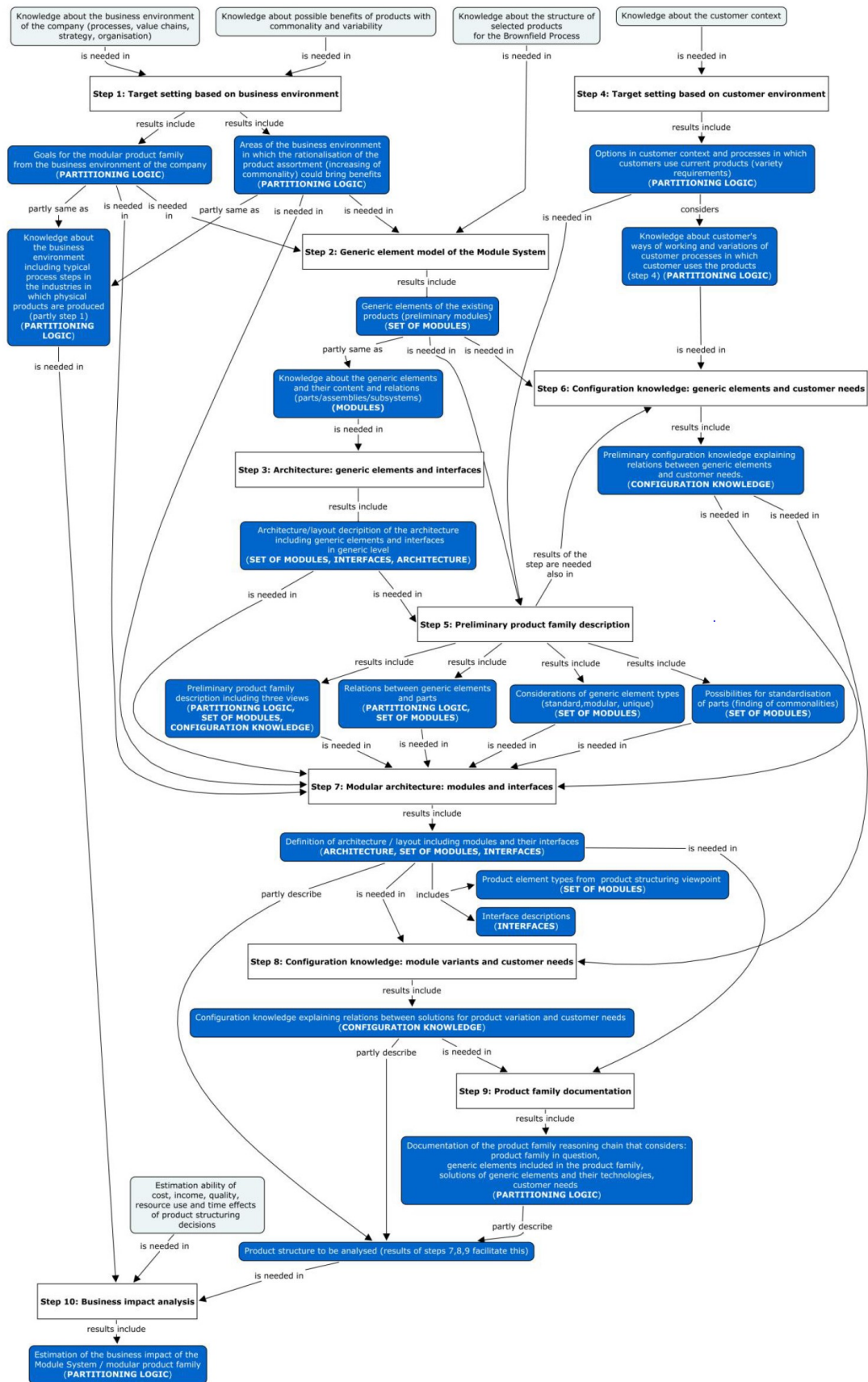
## 2.2.10 Vaihe 10: Liiketoimintavaikutusten arviointi

Tuotekehitysprojektin tulosten arvioiminen on tärkeää, jotta saadaan selville, kuinka hyvin projektin tavoitteet on saavutettu ja onko suunnitellulla tuoteperheellä mahdollisuus olla kilpailukykyinen. BfP:ssä liiketoimintavaikutuksia arvioidaan kuhunkin tuotteen elinkaaren vaiheeseen liittyen liiketoimintavaikutusten arviointimallilla (Business impact analysis model), joka perustuu kirjallisuudessa esitettyihin kokemuksiin moduloinnin vaikutuksista. Mallin idea on, että BfP:ssä luotava modulaarisen tuoteperheen viisi suunnittelutiedon osaa mahdollistavat eri modulaarisen tuoteperheen suunnittelua ohjaavien periaatteiden ja mekanismien toteutumisen. Nämä ovat moduloinnin mahdollisia tavoitteita, vaikutuksia ja ongelmia. Periaatteilla taas on aika-, kustannus, resurssienkäyttö- ja laatuvaikutuksia valmistavan teollisuuden prosessin ja tuotteen elinkaaren eri vaiheisiin. (Pakkanen 2015, s. 213–214) Työkalun sisältö on esitetty kokonaisuudessaan Pakkanen väitöskirjassa (2015, s. 215).

Ohjaavia periaatteita ja mekanismeja arvioidaan menetelmässä yksi kerrallaan. Se, mitkä niistä ovat relevantteja kussakin tapauksessa, riippuu ensimmäisessä vaiheessa asetetuista tavoitteista. Vaikutuksien merkitystä arvioidaan rahamääräisesti vaikutusten suuruusluokan mukaan (arvioitu vaikutuksen suuruusluokka esimerkiksi 1000, 10 000 tai 100 000 e). Vaikutus voi olla joko positiivinen tai negatiivinen. Vaiheen tuloksena syntyy arvio parhaista mahdollisista onnistuneen tuotekehitysprojektin vaikutuksista. (Pakkanen 2015, s. 221)

### **2.2.11 Yhteenveto**

Yhteenveto Brownfield-prosessista on esitetty kuvassa 12. Kuvasta käy ilmi vaiheiden riippuvuus toisistaan, niissä tarvittava lähtötieto ja niiden tulokset.



Kuva 12. Yhteenvedo Brownfield-prosessista (Pakkanen 2015, s. 230).

## 2.3 Teollinen muotoilu

Nykyisin pelkkä teknologia ei yleensä enää riitä varmistamaan tuotteen kaupallista menestystä, vaan kova kilpailu on kasvattanut muotoilun merkitystä asiakastarpeiden täyttämässä ja kilpailijoista erottumisessa. Kaikkien tuotteiden, joiden kanssa ihminen on tekemisissä, kaupallinen menestys riippuu vahvasti teollisesta muotoilusta. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 209, 211)

Teollisen muotoilun määritelmät ovat kirjallisuudessa suhteellisen yhteneväisiä. On huomattava, että kirjallisuudessa käsitellään ensisijaisesti kuluttajatuotteiden muotoilua, jonka lähtökohdat ja tavoitteet voivat joiltain osin hieman erota teollisuustuotteiden muotoilun vastaavista. Ulrichin & Eppingerin (2012, s. 226) mukaan teollisen muotoilun pää-tavoitteena on suunnitella tuotteen käyttäjään liittyvät osa-alueet: estetiikka ja ergonomia. Muotoilu keskittyy tuotteen muotoon ja vuorovaikutukseen käyttäjän kanssa. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 210). Lehtisen (1995, s. 11) mukaan teollisen muotoilun tavoitteena on suunnitella tuote miellyttävän näköiseksi ja helppokäyttöiseksi sekä ottaa huomioon tarkoituksenmukaiset valmistusmenetelmät ja teknistaloudelliset näkökohdat. Hänen mukaansa olennaista muotoilulle on ulkonäköön vaikuttavien tekijöiden ja tekniikan soveltaminen toisiinsa (Lehtinen 1995, s. 46).

Kettunen (2001, s. 15) määrittelee muotoilun tavoitteeksi sen, että tuotteen piirteet viehättävät mahdollista ostajaa ja houkuttelevat häntä tutustumaan lähemmin tuotteeseen. Tuotteen on hänen mukaansa myös annettava laadukas ja luotettava ensivaikutelma sekä näytettävä siltä, että se hoitaa tehtävänsä hyvin. Myös Lehtisen mukaan tuotteen ulkonäöllä ja sen antamalla ensivaikutelmalla on ratkaiseva merkitys tuotteen menestyksen kannalta. (1995, s. 22) Ihmiselle on tyypillistä luottaa vahvasti tuotteesta saamaansa ensivaikutelmaan (Puustinen & perheentupa 1990, s. 64). Kettusen mukaan tuotteen muotoilussa tavoitellaan sitä, että tuotteen ulkomuoto sopii mahdollisimman hyvin tarkoitukseen, johon tuotetta käytetään (2001, s. 16) Lehtisen mukaan lisäksi on huomioitava tuotteen ulkoasun ja käytettävyyden mahdollisimman hyvä yhdistettävyyys tuotekehityksen, tuotannon ja markkinoinnin muihin tavoitteisiin (1995, s. 46).

Lehtisen mukaan muotoilun avulla voidaan tuotteeseen luoda myös persoonallisuutta, joka auttaa sitä erottumaan kilpailijoistaan. Tuotteen hyvä muotoilu luo asiakkaalle mielikuvan yrityksen teknisestä kehittyneisyydestä. Tuotteen välittämään viestiin kuuluvat itse tuotteen muodon lisäksi esimerkiksi sen graafinen ulkoasu, värit, tekstit, pakkaukset ja käyttöohjeet (Lehtinen 1995, s. 23–24). Painatuksilla ja pintakäsittelyillä voidaan luoda asiakkaalle näkyvää laatua (Puustinen & Perheentupa 1990).

Teollisen muotoilun hyötyjä ovat lisääntynyt tuotteiden houkuttelevuus ja parempi asiakastytyväisyys uusien tai parempien ominaisuuksien johdosta, vahva brändi-identiteetti ja erottuminen kilpailijoista. Yleensä nämä hyödyt realisoituvat parempana hintana tai lisääntyneenä markkinaosuutena. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 215)

### 2.3.1 Määritelmiä

*Muotokieli* tarkoittaa niitä ratkaisuja, joista tuotteen ulkonäkö, visuaalinen hahmo ja käytettävyys rakentuvat. Muotokieli on esineen visuaalinen ohjeisto, joka ohjaa kaikkia muotoilussa käytettyjä ratkaisuja. Määritelty muotokieli antaa muotoilijalle virikkeitä ja muotoaiheita luonnostelun aloittamista varten. (Kettunen 2001, s. 81) Kettusen mukaan muotokieli voi koostua joko geometrisistä muodoista, orgaanisista muodoista tai olla näiden yhdistelmä. Geometriset muodot ovat harpilla tai viivoittimella piirrettäviä ja orgaaniset muodot vapaalla kädellä piirrettäviä, sulavia ja jatkuvia. Yksinkertaisista geometrisista muodoista rakentuva, symmetrinen, puhdaslinjainen tuote antaa vaikutelman visuaalisesta harmoniasta ja on ihmiselle helppo havaita, mikä lisää tuotteen houkuttelevuutta. (Kettunen 2001, s. 24–25)

*Tuotesemantiikka* tarkoittaa sitä, että tuotteen on näytettävä siltä, mitä sen halutaan asiakkaan silmissä olevan. Tuotesemantiikan mukaan muotoilua voidaan tarkastella kommunikaationa, jonka viestit muodostuvat esineen semioottisista merkityksistä (Anttila 1998, s. 274). Visuaalisilla viesteillä voidaan muokata tuotteen luonnetta haluttuun suuntaan ja saada se näyttämään esimerkiksi luotettavalta tai dynaamiselta (Kettunen 2001, s. 81). Esimerkiksi nopeiden kulkuvälineiden on näytettävä nopeilta ja kestäväksi tarkoitettujen tuotteiden lujatekoisilta. Yksi tuotesemantiikan sovelluksista onkin ennalta määrättyyn tuotekuvaan pyrkiminen. (Kettunen 2001, s. 16) Viestin ymmärtäminen on vastaanottajan tulkinnan varassa. Vastaanottaja tulkitsee esineen semioottisia viestejä muodostaessaan suhteen esineeseen ja vertaa havaintoaan ympäristöön ja aikaisempiin kokemuksiinsa. (Anttila 1998, s. 274)

*Ergonomia* tarkoittaa kitkan poistamista ihmisen ja työn tekemisen väliltä. Tuotteiden ihmiselle sopivuuden ja turvallisuuden suunnittelemisen lisäksi se käsittää koko työympäristön toimivuuden. Tuotteen on miellyttävän ulkonäkönsä lisäksi oltava käyttäjälle sopiva, turvallinen ja helppokäyttöinen. Tuotteen ergonominen muotoilu huomioi esineiden, laitteiden ja koneiden sopivuuden ihmisen ominaisuuksiin. (Kettunen 2001, s. 30)

Tuotteen *käytettävyys* tarkoittaa sitä, miten ihmisen tavoitteet ja toiminta sopivat yhteen tuotteen toiminnan kanssa. Muotoilulla voidaan vaikuttaa voimakkaasti tuotteen käytettävyyteen. Tuotteen hyvä käytettävyys auttaa sen käytön oppimisessa, tehokkaassa ja virheettömässä työskentelyssä, sekä toimintojen muistamisessa käyttötaukojen jälkeen. Tuote voi ulkonäöllään viestiä, miten sitä käytetään. Käytettävyys pitää sisällään myös ylläpidon ja huollon helppouden. Tuotteeseen voidaan muotoilla piirteitä, jotka kertovat, miten tietty huoltotoimenpide tehdään. (Kettunen 2001, s. 33–34)

### 2.3.2 Menetelmät ja työkalut

Kettusen (2001, s. 92) mukaan teollisen muotoilijan tärkeimmät työkalut ovat piirtäminen ja nopeat kolmiulotteiset mallit. Piirrosten luonne voi vaihdella nopeista luonnoksista



tarkkaan tekniseen kuvitukseen (Kettunen 2001, s. 96). Erityisesti muotoilun konseptointivaiheessa muotoilijat luovat paljon vaihtoehtoisia ideoita luonnostelemalla niitä kynällä ja paperilla (Ulrich & Eppinger 2012, s. 218).

Kolmiulotteiset mallit taas usein selkeyttävät ongelmaa ja helpottavat ideointia. Mallit ovat muotoilun testaamisen kannalta välttämättömiä. (Kettunen 2001, s. 98) Mallien tyytit voivat vaihdella yksinkertaisista muotoa havainnollistavista hahmomalleista toimintamalleihin, joissa myös tuotteen toiminnot ja ulkonäkö on mallinnettu tarkemmin. Kun konseptointivaiheen parhaita ideoita kehitetään eteenpäin, käytetään usein nopeasti ja helposti valmistettavissa olevia vaahtomuovimalleja. Myöhemmissä vaiheissa voidaan hyödyntää tarkempia malleja, joissa on myös toiminnallisuuksia. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 219)

Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa voidaan käyttää virtuaalisia prototyyppijä tuotteen määrittämisen apuvälineenä. Toimivalla virtuaalisella mallilla voidaan myös testata tuotteen toimivuutta ja käytettävyyttä. (Kettunen 2001, s. 104) Malleja voidaan luoda heti luonnostelun jälkeen, minkä jälkeen niillä on helppo kokeilla eri vaihtoehtoja (Kettunen 2001, s. 106). Se, että myös teolliset muotoilijat käyttävät 3D-malleja apunaan, tukee teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun yhteistyötä ja muodostaa niistä yhden kokonaisuuden. (Kettunen 2001, s. 106) Mallien käyttö myös helpottaa tiedon siirtämistä muille suunnitteluryhmän osapuolille (Kettunen 2001, s. 106).

Tietokoneen avulla konsepteista voidaan luoda malleja ja tarkkoja renderöintejä 3D-suunnitteluohjelmilla (Kettunen 2001, s. 95). Kun jatkokehityksessä on jäljellä vain muutama vaihtoehtoinen konsepti, tehdään niistä yksityiskohtaisia renderöintejä. Yleisesti ottaen menetelmällä luotavien varianttien lukumäärä laskee sen mukaan, mitä yksityiskohtaisempi ja aikaa vievämpi menetelmä on. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 219)

Design format analysis (DFA) on Warellin (2001) kehittämä työkalu tuotteen tai tuoteperheen muotoilun ominaispiirteiden kartoittamiseen. Siinä tutkittava tuote jaetaan osiin ja sen jälkeen analysoidaan, mitkä muotoilun piirteet muodostavat tuotteen tunnistettavan ulkomuodon. Nämä voivat olla esimerkiksi muotoja, materiaaleja tai värejä. (Warell 2001, s. 124) DFA:n avulla voidaan myös luoda yritykselle vanhojen tuotteiden muotoilun pohjalta spesifikaatio siitä, mitä piirteitä yrityksen tuotteiden tulee sisältää, mitä taas voidaan pitää lähtökohtana uusien tuotteiden muotoilussa (2001, s. 126).

### **2.3.3 Muotoiluprosessit kirjallisuudessa**

Kirjallisuudesta pyrittiin etsimään muotoiluprosesseja, jotka sisältävät konkreettisia vaiheita ja kuvaavat vaiheiden sisältöä, jotta niitä voitaisiin käyttää apuna luotaessa BfP:hen yhdistettävää teollisen muotoilun prosessia. Menetelmiä etsittiin tietokannoista muun muassa seuraavilla hauilla:

- ”industrial design” AND (process OR method)

- ”industrial design” AND (process OR method) AND “design language”
- ”teollinen muotoilu” OR ”teollisen muotoilun”

Tietokannoista aihealueita rajaamalla saatiin näillä hauilla kohtuullinen määrä tuloksia, joka oli mahdollista käydä kokonaisuudessaan läpi. Tässä kappaleessa on esitelty menetelmistä ne, jotka koostuvat konkreettisista vaiheista ja jotka sisältävät konkreettisia työkaluja tai -menetelmiä. Joissakin kirjallisuuslähteissä puhutaan teollisen muotoilun prosessista yleisellä tasolla, mutta tässä työssä hyödyllisimmiksi katsottiin, ne, joiden sisältöä voidaan integroida kehitettävään prosessiin.

Ulrichin & Eppingerin (2012, s. 217) mukaan teollisen muotoilun prosessin voidaan ajatella sisältävän kuusi vaihetta. Ne ovat:

1. Asiakastarpeiden selvittäminen
2. Konseptointi
3. Alustava kehittäminen
4. Jatkokehitys ja lopullisen konseptin valinta
5. Kontrollipiirustukset tai -mallit
6. Koordinointi suunnittelun, valmistuksen ja ulkoisten toimittajien kanssa

Ensimmäisessä vaiheessa asiakastarpeista kerätään tietoa, jota tulkitsemalla ja järjestelemällä saadaan aikaan dokumentaatio asiakkaan tarpeista tuotteen suhteen. Muotoilijoiden osallistuminen asiakastarpeiden kartoitukseen on erittäin tärkeää, sillä heillä on hyvä kyky tunnistaa asiakkaan käyttötapauksiin liittyviä tekijöitä. Kun asiakastarpeet ja -rajoitteet on ymmärretty, muotoilijat konseptoivat tuotteen muotoa ja käyttäjärajapintoja yksinkertaisilla luonnoksilla samalla, kun suunnittelijat kehittävät teknisiä ratkaisuja. Muotoilukonsepteja luokitellaan ja yhdistetään harkinnan alla oleviin teknisiin ratkaisuihin eri kriteerien perusteella. Teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun yhteistyö on tässä vaiheessa erittäin tärkeää heidän työnsä yhteensopivuuden varmistamiseksi. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 217–218)

Konseptien luomisen jälkeen muotoilijat luovat alkeellisia kolmiulotteisia vaahtomuovimalleja lupaavimmista konsepteista. Niiden avulla konsepteja voidaan visualisoida kolmiulotteisesti eri sidosryhmille, jotka arvioivat konsepteja. Alkeellisista malleista siirrytään yksityiskohtaisiin renderöinteihin ja malleihin muutaman jatkokehitykseen valitun konseptin osalta. Nämä sisältävät jo tarkkaa informaatiota tuotteen ulkomuodosta ja käyttöliittymän toiminnallisuuksista. Lopullisesta muotoilusta tehdään kontrollipiirustus tai malli, johon dokumentoidaan esimerkiksi tuotteen toiminnallisuus, mitat ja pintakäsittelyt. Osien yksityiskohtainen tekninen suunnittelu pystytään tekemään tämän pohjalta. Muotoilijat ovat mukana myös prosessin seuraavissa vaiheissa esimerkiksi toimittajia ja valmistusmateriaaleja valittaessa. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 218–220)

Kettunen (2001) määrittelee muotoiluprosessin jakautuvan kolmeen vaiheeseen: tuotehaakuun, konseptimuotoiluun ja tuotemuotoiluun. Tuotehaussa luodaan vaihtoehtoisia tavoitteita ja skenaarioita uudelle tuotteelle tai tuoteperheelle. Sen tuloksena syntyy tuoteidea ja sen kirjallinen kuvaus, joka määrittelee suunniteltavan tuotteen ja toimii konseptimuotoilun lähtökohtana. (Kettunen 2001, s. 56)

Konseptimuotoilussa luodaan lähtötietojen pohjalta useita vaihtoehtoisia konsepteja tavoitteena löytää mahdollisimman hyvä ratkaisuehdotus ongelmaan. Kettusen mukaan konseptimuotoilusta voidaan erottaa luova ja kriittinen vaihe. Luovassa vaiheessa pyritään luomaan mahdollisimman paljon konsepteja ja kriittisessä vaiheessa valitsemaan niistä paras. Tarkemmin hän jakaa konseptimuotoilun neljään vaiheeseen, jotka ovat tieto, idea, valinta ja testaus. Tiedonkeruun aikana selvitetään asiakkaan tarpeet, määritellään tuotteen ominaisuudet ja vaatimukset sekä asetetaan niiden pohjalta tavoitteet muotoilulle. Ideointivaiheessa ongelma eritellään helpommin hallittaviin osaongelmiin ja ideoita tuotetaan erilaisten työkalujen, kuten aivoriihitekniikan avulla mahdollisimman paljon. Ideoita luonnostellaan piirtäen sekä nopeilla malleilla. Ideoinnin luomisen prosessi on iteratiivinen ja siinä luovat ja kriittiset vaiheet vuorottelevat. Ideoiden luonnin jälkeen niitä yhdistellään ja ryhmitellään ja niiden pohjalta tehdään luonnoksia.

Valintavaiheessa luonnoksia arvioidaan ja karsitaan systemaattisten menetelmien avulla. Muutama konsepti valitaan jatkokehitykseen. Lopputuloksena yksi konsepti, jota aletaan kehittää valmiiksi tuotteeksi. Konseptin testaus varmistaa, että suunniteltu tuote vastaa käyttäjien tarpeisiin. (Kettunen 2001, s. 56–70) Tuotemuotoilu on Kettusen mukaan varsinaista toteuttavaa jatkokehitystä. Sen aikana muotoilija työskentelee yhdessä teknisten suunnittelijoiden ja alihankkijoiden kanssa lopullisen muotoilun aikaansaamiseksi edellisen vaiheen konseptin pohjalta. (Kettunen 2001, s. 57)

Lehtinen (1995) jakaa muotoiluprosessin kolmeen osaan: tutkimus-, kehittely- ja toteutusvaiheeseen. Hänen mukaansa muotoiluprosessi on luovan kehittelyn, eli vaihtoehtojen ja muunnelmien tuottamisen sekä rationaalisen etenemistavan, eli vaihtoehtojen karsinnan, valinnan ja kehittelyn välistä vaihtelua (Lehtinen 1995, s. 46) Tutkimusvaiheessa otetaan selvää tuotteen vaatimuksista ja rajoituksista sekä tutustutaan tuotteen tekniikkaan ja sen tuotantoon. Koneen rakenne analysoidaan, jotta kaikki siihen liittyvät vaatimukset saadaan selville. (Lehtinen 1995, s. 57)

Kehittelyvaihe on vaiheista aikaa vievin. Siinä muotoiluvaihtoehtoja etsitään eri menetelmillä, kuten piirtämällä, tietokoneella mallintamalla ja malleja rakentamalla sekä vertaillaan vaihtoehtoja alkuperäiseen tavoitteeseen. Kun kaikilta osin on päästy tavoiteltuun lopputulokseen, valmistetaan lopullisesta konseptista toimiva ja ulkonäöltään viimeistely malli, jota testataan. Tämä malli toimii ohjeena toteutusvaiheelle. Siihen siirryttäessä kaikki tuotteen yksityiskohdat on lyöty lukkoon ja rakennesuunnittelu ja muotoilun viimeistely viedään loppuun omilla tahoillaan, mutta yhteistyössä sovitun konseptin mukaisesti. Vaiheen aikana muotoilijat piirtävät tuotannon tarvitseman muotoiluun liittyvän

teknisen dokumentaation. Muotoilu voi myös seurata tuotteen tuotantoon viemistä ja valvoa laadun toteutumista sekä suunnitella markkinointimateriaalia. (Lehtinen 1995, s. 49–50)

Puustinen & Perheentupa (1990) jakavat muotoiluprosessin viiteen vaiheeseen. Ne ovat:

1. Esisuunnittelu, jossa määritellään muotoilun tavoitteet yritysjohdon johdolla.
2. Perehtymisvaihe, jossa kartoitetaan muotoilun vaatimukset yhdessä projektin muiden osapuolien kanssa ja hankitaan suunnittelun kohteena olevan alan perustietous.
3. Ideointivaihe, jossa muotoilija tuottaa ideoita, esittää ne piirroksina tai malleina, kehittää niitä ja valitsee parhaan lähestymistavan ongelmaan.
4. Toteutusvaihe, jossa muotoilu sovitetaan yhteen muiden osatekijöiden kanssa ja viimeistellään toimien tiiviissä yhteistyössä rakennesuunnittelun ja tuotannonohjauksen kanssa.
5. Seurantavaihe, jonka aikana muotoilija valvoo laadun toteutumista tuotannossa ja seuraa markkinoilta tulevaa palautetta. (Puustinen & Perheentupa 1990, s. 14)

**Taulukko 1.** Muotoiluprosessien vertailu

Ulrich & Eppinger (2012)	Asiakastarpeiden selvittäminen	Konseptointi	Alustava kehittäminen	Jatkokehitys ja valinta	Kontrollipiirustus tai malli	Koordinaointi
Kettunen (2001)	Tuotehaku	Konseptimuotoilu				Tuotemuotoilu
		Tieto	Idea	Valinta	Testaus	
Lehtinen (1995)	Tutkimusvaihe		Kehittelyvaihe			Toteutusvaihe
Puustinen & Perheentupa (1990)	Esisuunnittelu	Perehtymisvaihe	Ideointivaihe			Toteutusvaihe
						Seurantavaihe

Menetelmien vaiheet on koottu yllä olevaan taulukkoon. Vaiheet on pyritty asettamaan aikajanalle niin, että eri menetelmien toisiaan vastaavat vaiheet ovat ajallisesti samassa kohdassa, jotta niiden yhtäläisyyksiä ja eroja on mahdollista vertailla. Taulukosta voidaan nähdä, että kaikki prosessit jakautuvat karkeasti kolmeen päävaiheeseen, jotka on erotettu taulukossa toisistaan punaisilla viivoilla. Ensimmäinen sisältää asiakastarpeiden selvittämistä ja muotoiluun valmistautumista, toinen konseptisuunnittelua ja kolmas varsinaista toteuttavaa suunnittelua. Näistä kahta ensimmäistä tutkitaan tässä työssä, sillä kuten johdannossa on todettu, ei työn puitteissa ollut mahdollista tutkia yksityiskohtaisen suunnittelun vaihetta.

## 2.4 Teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun yhdistäminen

Kirjallisuudessa ollaan yksimielisiä siitä, että teollisen muotoilun ja teknisen suunnittelun on tehtävä yhteistyötä tuotekehitysprosessin aikana. Muun muassa Hosnedl et al. (2008), Pahl et al. (2007, s. 348) ja Kim & Lee (2016) puhuvat siitä, kuinka teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun yhteistyöllä on suuri merkitys tuotekehityksen onnistumisen ja tuotteen menestyksen kannalta. Tekstin selkeyttämiseksi teknisestä suunnittelusta käytetään jatkossa nimitystä suunnittelu ja teollisesta muotoilusta nimitystä muotoilu.

Kettusen (2012, s. 56) mukaan muotoilu, suunnittelu, tuotannon valmistelu ja markkinointi etenevät rinnakkaisina, toisiinsa lomittuvina tapahtumina. Ulrichin & Eppingerin (2012) mukaan muotoilijoiden pitäisi osallistua monialaisten tuotekehitystiimien toimintaan, joissa insinöörit kehittävät tuotteen teknisiä ratkaisuja ja muotoilijat tuotteen muotoa ja ergonomiaa. Heidän mukaansa muotoilijat työskentelevät usein liian erillään suunnittelusta, jolloin suunnittelussa tarvitaan useampia iteraatioita, kun ehdotetut muotoilukonseptit ja tekniset ratkaisut eivät ole sovitettavissa yhteen. Tätä voidaan ehkäistä kontrolloimalla muotoilijoiden ja suunnittelijoiden työtä konseptointivaiheessa, jotta iteraatioita saadaan aikaan nopeammin. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 217–218)

Vaikka useat lähteet tuovat esiin yhteensovittamisen tärkeyden, eivät useimmat niistä kuitenkaan esitä konkreettisia menetelmiä tai työkaluja siihen, miten suunnittelun ja muotoilun yhteistyö tulisi toteuttaa. Yhteensovittaminen ei ole helppoa ja monet lähteet ovat tuoneet esille siihen liittyviä ongelmia, joita käsitellään luvussa 2.4.4. Seuraavissa luvuissa esitellään kirjallisuudessa esiintyviä menetelmiä suunnittelun ja muotoilun yhdistämiseen.

Suunnittelun ja muotoilun yhdistäviä menetelmiä etsittiin tietokannoista muun muassa seuraavilla hauilla:

- “industrial design” AND “engineering design”
- “industrial design” AND “engineering design” AND process
- collaborative design process OR collaborative design processes
- (“product design” OR “engineering design”) AND “industrial design” AND (process\* OR method\*)
- “industrial design” AND (collaborati\* OR cooperati\*)

Tässä työssä esiteltäväksi päätettiin etsiä julkaisuja, jotka esittelevät konkreettisen menetelmän tai prosessin suunnittelun ja muotoilun yhdistämiseksi, joka myös sisältää jaon työvaiheisiin ja kuvausta vaiheiden sisällöistä. Näin toimittiin, sillä tällaisten menetelmien joukosta oli mahdollista löytää sellainen, joka vastaisi sellaisenaan tai hieman muokattuna ensimmäiseen kysymykseen. Lisäksi mikäli sellaisenaan riittävää menetelmää ei löytyisi, voitaisiin tällaisten menetelmien rakennetta ja työvaiheita analysoida ja käyttää niitä tässä työssä kehitettävän prosessin pohjana.

Kirjallisuudesta löydettiin kolme menetelmää, jotka vastasivat yllä kuvattuja kriteereitä. Ne on esitelty seuraavissa kolmessa luvussa.

### **2.4.1 Hosnedl et al.: Cooperation of engineering & industrial designers**

Hosnedl et al. (2008) esittelevät artikkelissaan menetelmän teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun toimivan yhteistyön saavuttamiseksi. Menetelmä pohjautuu heidän mukaansa ensisijaisesti suunnitteluun, mutta mahdollistaa suunnittelun ja muotoilun yhdistämisen. Se pohjautuu Hubkan & Ederin (1996) suunnittelumetodologiaan ja koostuu neljästä vaiheesta, jotka ovat:

1. Tehtävän määrittely
2. Toimintorakenteen ja sitä vastaavan muotoilun kehittäminen
3. Elinrakenteen (organ structure) ja sitä vastaavan muotoilun kehittäminen
4. Komponenttirakenteen kehittäminen. (Hosnedl et al. 2008)

Ensimmäisessä vaiheessa luodaan muotoilulle ja suunnittelulle yhteinen tuotespesifikaatio. Vaiheen aikana arvioidaan niin omia kuin kilpailijoiden nykyisiä ratkaisuja sekä esimerkiksi standardeja ja patentteja toteutusmahdollisuuksien kartoittamiseksi. Lisäksi vaihtoehtojen toteutettavuutta arvioidaan. Vaiheen tuloksena syntyy lista tuotteeseen kohdistuvista vaatimuksista, joka sisältää kirjallisina sekä tuotteen tekniset, että muotoilliset vaatimukset. Näiden tietojen perusteella muotoilijat luonnostelevat tuotteen ulkomuotoa omien ajatustensa pohjalta. Nämä ensimmäiset luonnokset liitetään mukaan vaatimuslistaan, jotta muotoilijoille ja suunnittelijoille kehittyy yhteinen näkemys tuotteesta ja kommunikaatioalusta tulevia vaiheita varten heti projektin alussa. Luotua spesifikaatiota verrataan vielä olemassa oleviin tuotteisiin ja sille tehdään SWOT-analyysi projektin riskien ja kannattavuuden määrittämiseksi. Projekteissa voidaan käydä läpi myös liiketoiminnallisia asioita tarkemmin. (Hosnedl et al. 2008)

Toisessa vaiheessa selvitetään prosesseja, joissa tuote toimii, analysoimalla toiminnot, jotka tuotteen on kyettävä suorittamaan. Tämän tiedon perusteella suunnitellaan tuotteelle optimaalinen toimintorakenne. Sen jälkeen ensimmäisessä vaiheessa luotuja muotoilukonsepteja päivitetään tuotteen toimintojen perusteella. (Hosnedl et al. 2008)

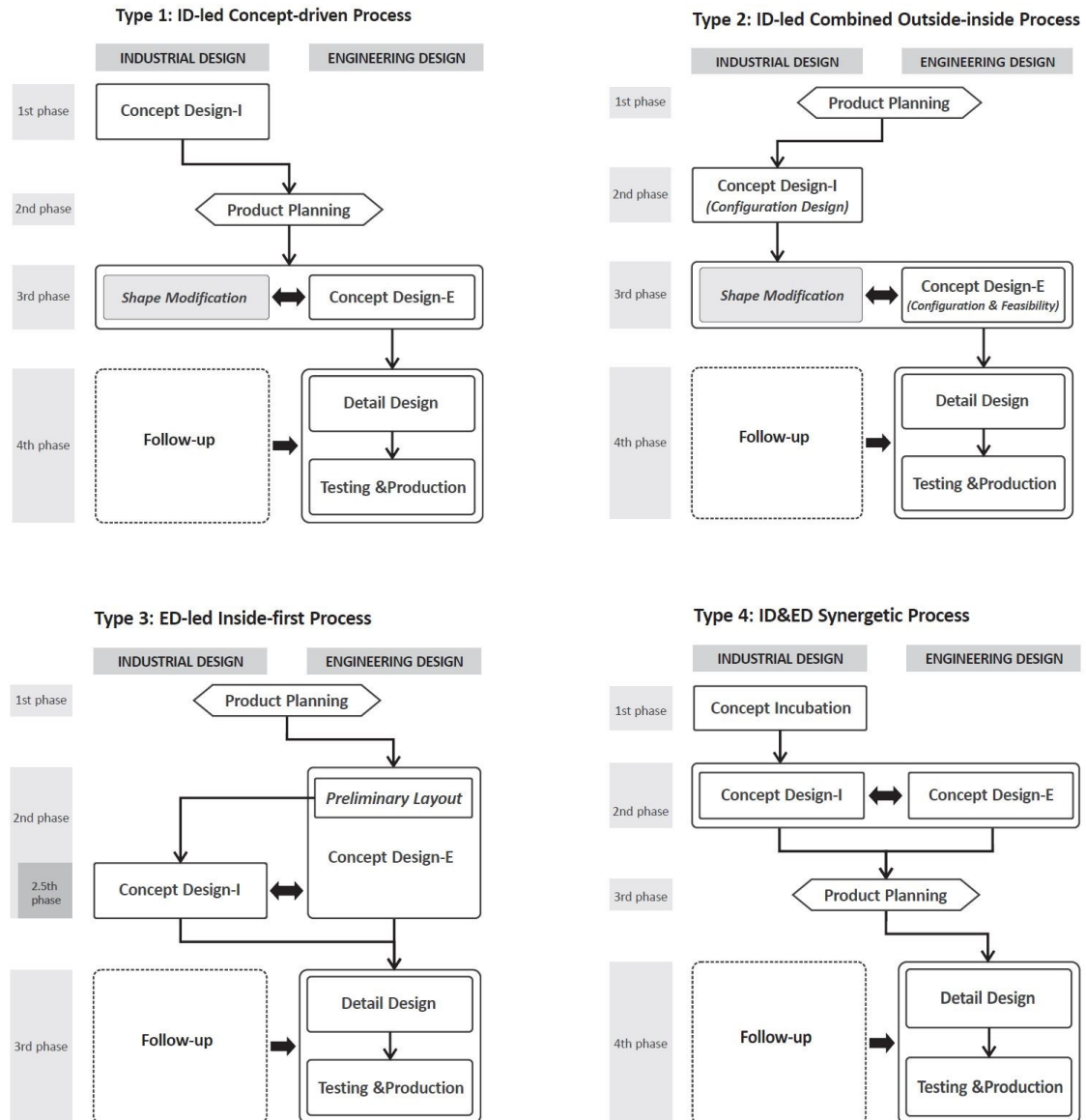
Kolmannessa vaiheessa tuotteen toimintorakenne konkretisoidaan elinrakenteeksi, joka on kuitenkin edelleen abstrakti malli suunniteltavasta tuotteesta. Tuote-elimet realisoivat tuotteen toimintoja ja toimintojen välisiä suhteita. Tässä vaiheessa muotoilijoiden tehtävä on kuvitella, miltä suunnitellun elinrakenteen omaava tuote saattaisi näyttää ja kehittää arvion perusteella tuotteen muotoilua. Elinrakenteesta suunnitellaan useita variantteja ja optimaalinen kombinaatio valitaan painottamalla arvioinnissa tuotespesifikaation eri koh- tia eri tavoin. Eri elinrakennevariantteja vertailtaessa voidaan yhtenä kriteerinä käyttää

muotoilukonsepteja. Viimeisessä vaiheessa tuotteelle luodaan ensin alustava komponenttirakenne, joka sitten jalostetaan lopulliseksi komponenttirakenteeksi. Lopuksi suunniteltua tuotetta verrataan olemassa oleviin tuotteisiin vertaamalla tuotteiden ominaisuuksien paremmuutta vaatimuslistan pohjalta. (Hosnedl et al. 2008)

Menetelmässä on hyvää se, että siinä suunnittelulla ja muotoilulla on yhteinen tuotespesifikaatio, josta suunnittelu lähtee liikkeelle. Menetelmä on kuitenkin muilta osin kuvattu melko yleisellä tasolla, eikä se kuvaa, millaisilla konkreettisilla työkaluilla esimerkiksi tuotteen komponenttirakenne luodaan. Lisäksi menetelmä edustaa toimintolähtöistä ajattelua, sillä siinä suunnittelu lähtee liikkeelle tuotteen toimintorakenteen luomisesta. Tämä ei sovi yhteen BfP:n liiketoimintalähtöisyyden kanssa.

## **2.4.2 Kim & Lee: Collaborative product design processes**

Kim & Lee (2016) esittelevät artikkelissaan muotoilun ja suunnittelun yhdistäviä prosesseja sekä tämän yhteistyön vaikutuksia suunnitteluprosessiin. Heidän tuloksensa perustuvat kuuden kuluttajatuotteen valmistavan elektroniikka-alan yrityksen henkilöstön haastatteluihin. Yritysten toiminnasta voidaan heidän mukaansa erottaa neljä erilaista perusprosessia, joissa tekniset suunnittelijat ja teolliset muotoilijat tekevät yhteistyötä. (Kim & Lee 2016, s. 226) Prosessit on esitetty kuvassa 13. Kuten kuvasta nähdään, ovat prosessit lopullisen suunnittelun vaiheessa samanlaisia ja ne eroavat toisistaan prosessin alkupään osalta. Eri prosessien käyttötilanteet vaihtelevat esimerkiksi sen mukaan, onko kyseessä uuden tuotteen suunnitteluprosessi, vai olemassa olevan tuotteen uudelleensuunnittelu. (Kim & Lee 2016, s. 242)



**Kuva 13.** Neljä suunnitteluprosessityyppiä Kimin & Leen (2016) mukaan.

Ensimmäinen prosessityyppi on muotoilujohtoinen ja muotoilijat päättävät tuotekehityksen suunnan prosessin alkuvaiheessa. Sitä käytetään, kun suunnitellaan uutta konseptia tai kun markkinat muuttuvat nopeasti, markkinoilla on paljon referenssituotteita ja tuotteen läpimenoaika on lyhyt. Aluksi muotoilijat kehittävät tuotekonseptin muotoilun ja käyttäjäkokemuksen näkökulmasta ilman muiden osapuolien osallistumista. Teknistä rakennetta otetaan harvoin huomioon, mikä antaa muotoilijoille vapautta. Suunnittelu ei välttämättä edes tiedä, mitä muotoilu tekee tässä vaiheessa. Paras konsepti valitaan ja se jalostetaan malleiksi. Ensimmäisestä vaiheesta edetään tuotesuunnitteluvaiheeseen, jossa tuotesuunnitteluosasto päättää valitun designin kaupallistamisesta ja määrittää suunnittelutavalle tuotteelle kohdemarkkinat, hinnan ja arvioi kustannuksia. Tuloksena syntyy tuotesuunnitteludokumentti, josta käy ilmi tuotteen tiedot ja suunnitelma sen kaupallistamiseksi. (Kim & Lee 2016, s. 243)



Kolmannessa vaiheessa tekninen suunnittelu aloitetaan muotoilijoiden mallien ja tuotesuunnitteludokumentin pohjalta. Suunnittelijat arvioivat konseptin käyttökelpoisuuden (feasibility) ja informoivat muotoilijoita tarvittavista muutoksista. Muotoilijat tekevät muutoksia suunnittelijoilta saadun tiedon perusteella. Tässä vaiheessa suunnittelijat ja muotoilijat tekevät läheistä yhteistyötä ja kahden tahon tavoitteet ovat ristiriidassa keskenään muotoilijoiden pyrkiessä säilyttämään designin ja suunnittelijoiden yrittäessä varmistaa toimivuuden ja suorituskyvyn. Viimeisessä vaiheessa suunnittelijat ottavat projektin haltuunsa ja suunnittelevat tuotteen lopullisen teknisen ratkaisun. Suunnittelijat saattavat pyytää muotoilijoita tekemään designiin tarvittaessa pieniä muutoksia, jos tekninen toteutus sitä vaatii. Muotoilijat tarkastavat, että ulkomuoto on suunniteltu muotoilukonseptia noudattaen ja päättävät esimerkiksi tuotteen ulkokuoren väryksestä ja materiaalinvalinnoista välittäen päätökset suunnittelijoille. Kun muotoilijat ovat hyväksyneet designin, heidän osuutensa prosessissa päättyy. (Kim & Lee 2016, s. 244–245)

*Toinen prosessityyppi* on käytössä sekä uusien tuotteiden suunnittelussa että uudelleen suunnittelussa. Se alkaa tuotesuunnittelulla, jossa luodaan tuotesuunnitteludokumentti tuotekehityksen lähtökohdaksi. Dokumentista käy ilmi tuotteen kohdemarkkina ja tavoitehinta sekä tuotespesifikaatio. Nykyistä tuotetta parannettaessa spesifikaatio päätetään olemassa olevien ja kilpailijoiden tuotteiden perusteella, kun taas uutta tuotetta suunniteltaessa suunnittelu auttaa spesifikaation määrittämisessä. Tämän vaiheen jälkeen muotoilijat hahmottelevat tuotesuunnitteludokumentin perusteella tuotteen ulkomuodon ja siihen liittyvät rakenteelliset osat pyrkien järjestämään tuotteen teknisen rakenteen siten, että se ei ole ristiriidassa tavoitellun ulkomuodon perusteella. Tässä vaiheessa suunnittelijat eivät juuri osallistu prosessiin, vaan muotoilijat tuottavat vaiheen tuloksena mallin ulkomuodosta ja alustavasta rakenteellisesta layoutista. (Kim & Lee 2016, s. 246)

Suunnittelijat arvioivat muotoilijoiltansa saamansa tiedon perusteella rakenteellisen suunnitelman käyttökelpoisuutta ja kehittävät sen pohjalta lopullisen layoutin. Tämän aikana he pyytävät muotoilijoita tekemään tarvittaessa muutoksia alustavaan layoutiin tai tuotteen ulkomuotoon. Tässä prosessityypissä vaadittavat muutokset eivät kuitenkaan ole niin suuria kuin ensimmäisessä tyypissä, koska ulkomuoto on suunniteltu tekninen rakenne huomioon ottaen. Tässä vaiheessa syntyy lopullinen ulkomuoto ja teknisen rakenteen layout, minkä jälkeen yksityiskohtainen suunnittelu jatkuu, kuten ensimmäisessä prosessissa. (Kim & Lee 2016, s. 246)

*Kolmas prosessityyppi* eroaa kahdesta edellisestä siten, että sitä käytetään ainoastaan olemassa olevien tuotteiden uudelleensuunnitteluun kohdemarkkinan ollessa selvillä ja se on suunnittelujohtoinen vähentäen muotoilijoiden roolia suhteessa suunnittelijoihin. Tämänkin prosessi alkaa tuotesuunnittelulla, joka tehdään tuotekehityksen suunnitelmien perusteella, jolloin tuotteen spesifikaatiosta on jo olemassa ajatus. Tuotesuunnitteludokumenttiin kirjataan tuotteen kohdemarkkina, tavoitehinta, tuotespesifikaatio ja arvio materiaalikustannuksista markkinoilla oleviin tuotteisiin perustuen. Usein spesifikaation luomi-

sessä käytetään apuna myös kilpailija-analyysia. Toisessa vaiheessa suunnittelijat kehittävät tuotteelle alustavan layoutin tuotespesifikaation perusteella. Tässä voidaan hyödyntää myös aiemmin kehitettyjä tuotteita. Vaiheen valmistuttua suunnittelijat lähettävät mallin alustavasta layoutista muotoilijoille, jolloin muotoiluprosessi alkaa.

Muotoilijat kehittävät tuotteen ulkomuotoa alustavan layoutin perusteella ja suunnittelijat kehittävät layoutia ja teknisiä ratkaisuja eteenpäin samanaikaisesti. Molemmat tahot tekevät tässä vaiheessa yhteistyötä keskustellen ristiriidoista ja antaen toisilleen palautetta. Muotoilijat tekevät konseptisuunnittelua pitäen mielessä tuotteen layoutin ja suunnittelijat arvioivat ja auttavat kehittämään ulkomuotoa. Vaiheen aikana alustava layout kehittyy lopulliseksi ja muotoiluluonnokset kehittyvät lopulliseksi designiksi. Viimeinen vaihe, eli yksityiskohtainen suunnittelu on samanlainen kuin prosessityypeissä 1 ja 2. (Kim & Lee 2016, s. 247–248)

*Neljäs prosessityyppi* liittyy usein aikaisemmin hylättyjen kokonaan uudenlaisten konseptien jatkokehitykseen. Siinä muotoilijoilla ja suunnittelijoilla on yhteisiä tehtäviä ja tavoitteita perinteisistä prosesseista poiketen. Ensimmäisessä vaiheessa muotoilijat kehittävät uuden designin itsenäisesti. Se perustuu pääosin ideoihin, jotka aiemmin on muissa projekteissa hylätty innovatiivisuudestaan huolimatta. Toinen vaihe, eli konseptisuunnittelu alkaa, kun muotoilijat etsivät suunnittelijoita mukaan projektiin. Suunnittelijat työskentelevät tiiviisti muotoilijoiden kanssa tarjoten viimeisintä teknologiaa muotoilukonseptin tueksi. Ensimmäinen versio teknisistä ratkaisuista kehitetään perustuen muotoilukonseptiin. Kolmannessa vaiheessa tuotesuunnittelutiimi päättää konseptin kaupallistamisesta, minkä jälkeen yksityiskohtainen tekninen suunnittelu tehdään kuten muissakin prosessityypeissä. (Kim & Lee 2016, s. 249–250)

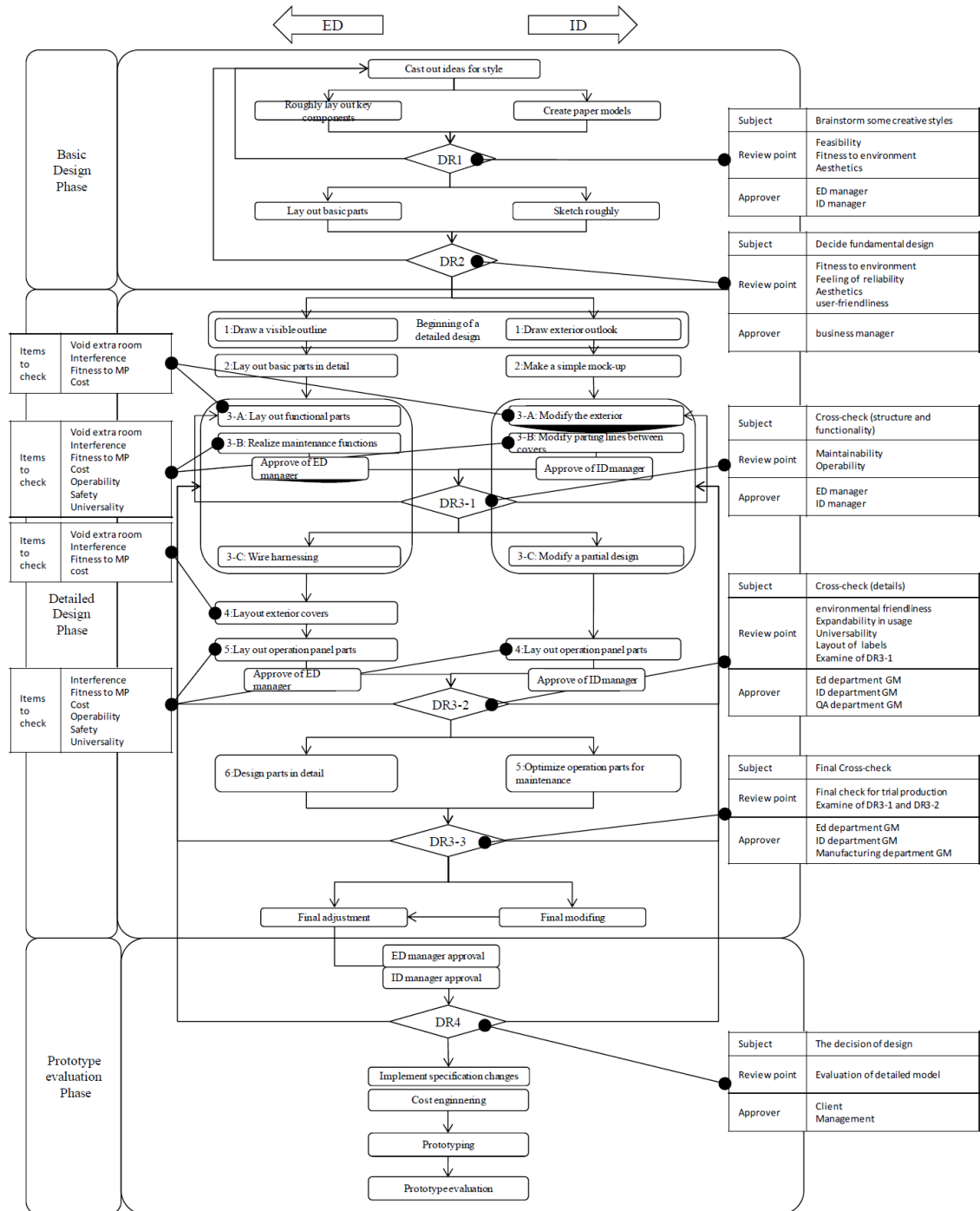
Kim & Lee toteavat, että yleisesti ottaen kaikissa prosessityypeissä muotoilijoiden rooli on hallitseva konseptisuunnittelussa ja myöhemmin prosessissa suunnittelijoiden rooli muodostuu hallitsevaksi. Prosessityyppiä 3 lukuun ottamatta kaikki tyypit alkavat sillä, että muotoilu kehittää tuotekonsepteja. (2016, s. 250–251) Kaikki kuusi tutkittua yritystä käyttävät muotoilun laadun varmistukseen toimintatapaa, jossa muotoilun pitää hyväksyä suunnittelun lopullinen tuotos. Jos muotoilu ei anna hyväksyntäänsä, on suunnittelun tehtävä muutoksia. (Kim & Lee 2016, s. 245)

Artikkeli kuvaa kattavasti eri prosessityyppejä ja niiden välisiä eroavaisuuksia. Lisäksi kahden osapuolen erilaiset osapuolet prosesseissa on selvästi kuvattu. Prosesseissa ei kuitenkaan esitellä konkreettisia työkaluja, vaan se keskittyy kuvaamaan vaiheiden välisiä suhteita. Ne kuitenkin antavat hyvän pohjan suunnittelun ja muotoilun työtehtävien järjestykselle suunniteltavassa prosessissa.

### **2.4.3 Sugiyama & Osada: Integration Process of Industrial Design and Engineering Design**

Sugiyama & Osada (2010) esittävät artikkelissaan menetelmän muotoilun ja suunnittelun integroimiseksi tuotekehityksessä. He jakavat prosessin perussuunnitteluvaiheeseen, yksityiskohtaisen suunnittelun vaiheeseen, prototyypin arviointivaiheeseen ja massatuotannon suunnitteluvaiheeseen. Perussuunnitteluvaiheessa suunnittelu luo tuotteelle yleisen tason layoutin ja muotoilu karkean tason muotoilukonseptin. Vaiheen aikana pidetään yhteisiä arviointitilaisuuksia, joissa päätetään yhteisesti muotoilun suuret linjat ja varmistetaan muotoilun sopivuus tuotteen vaatimuksiin.

Yksityiskohtaisen suunnittelun vaiheessa suunnittelu tarkoittaa layoutia, suunnittelee katteiden muotoja, johdotuksia ja käyttöliittymän osia, sekä suunnittelee viimeiseksi lopullisen osatason layoutin. Muotoilu taas tekee muotoilukonseptista tarkempia luonnoksia ja malleja, suunnittelee, millaisiin osiin katteet jaetaan, kehittää muotoilua osatasolla ja optimoi käyttöliittymää. Tässäkin vaiheessa kaksi osapuolta kokoontuvat säännöllisesti varmistamaan tuotostensa yhteensopivuuden. Tämän jälkeiset vaiheet käsittelevät yksityiskohtaista suunnittelua sisältäen esimerkiksi kustannuslaskentaa, minkä vuoksi niitä ei käsitellä tässä yhteydessä tarkemmin, sillä BfP ei kata näin yksityiskohtaista suunnittelua. Prosessin kolmen ensimmäisen vaiheen kulku on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14.** Suunnittelun ja muotoilun yhdistelmäprosessi (Sugiyama & Osada 2010)

Sugiyama & Osada toteavat, että muotoilijoiden ja suunnittelijoiden välisiä kommunikaatio-ongelmia esiintyy erityisesti yksityiskohtaisen suunnittelun aikana. Tuolloin suunnittelijat keskittyvät toteuttamaan tuotteen toiminnallisuuden, jolloin he näkevät muotoilun rajoittavana tekijänä. Vastaavasti muotoilijat keskittyvät ulkomuodon viimeistelyyn, jolloin he näkevät tuotteen tekniset ratkaisut rajoitteena. Tämä johtaa ongelmiin prototyyppivaiheessa. Useat ongelmat löydetään vasta prototyyppivaiheessa, mikä kertoo siitä, että ne jäävät huomaamatta tuotekehitysprosessin aikaisemmissa vaiheissa (Sugiyama & Osada 2010).

Menetelmä on artikkelissa esitetty yksityiskohtaisella tasolla ja se on jaettu konkreettisiin suunnittelutehtäviin. Prosessin kaaviokuvassa esiintyy kuitenkin paljon sellaista, mitä artikkeli ei avaa tarkemmin, kuten kustannuslaskennan tai käyttöliittymän suunnittelun huomioimista prosessissa. Idea suunnittelun ja muotoilun säännöllisistä tapaamisista yhteensopivuuden varmistamiseksi on hyvä ja käyttökelpoinen.

#### 2.4.4 Suunnittelun ja muotoilun yhdistämisen haasteet

Useat tahot ovat tutkineet suunnittelun ja muotoilun yhdistämisen ja yhteistyön haasteita. Suurin osa kirjallisuudessa esitellyistä haasteista liittyy ihmisten väliseen kommunikaatioon, mikä tässä tutkimuksessa on sivuosassa, koska kirjoittaja on itse vastuussa koko prosessista. Tämä työ keskittyy siihen, millaisin vaihein suunnittelun ja muotoilun yhdistävä prosessi tulisi toteuttaa ja millaisia työtehtäviä vaiheet sisältävät. Jotkin kirjallisuudessa mainitut haasteet ovat kuitenkin relevantteja myös tämän tutkimuksen kannalta. Tässä luvussa on esitetty kirjallisuudessa esiintyviä listauksia suunnittelun ja muotoilun yhdistämisen haasteista.

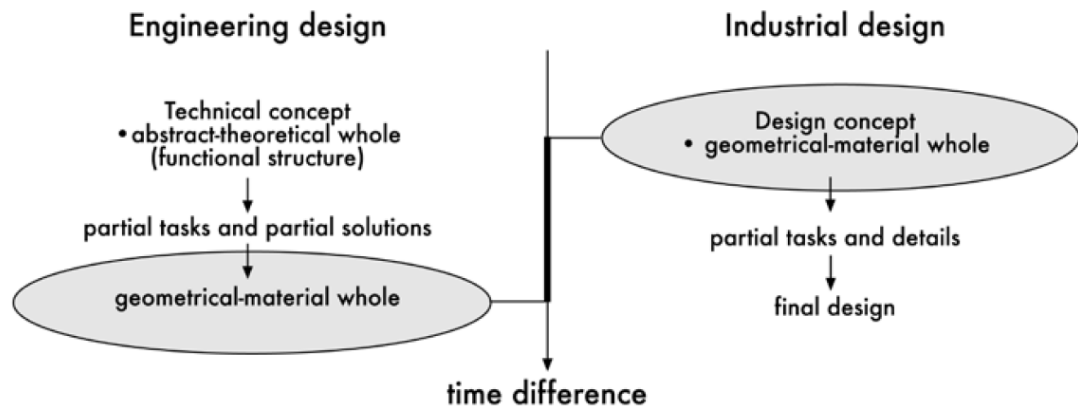
Pei et al. (2010) ovat tutkineet ongelmia suunnittelun ja muotoilun välisessä yhteistyössä. Heidän tekemiensä haastattelujen mukaan yhteistyön haasteet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, jotka ovat:

1. Arvo- ja periaateristiriidat. Kahden osapuolen työtavat ovat usein erilaisia. Suunnittelijat työskentelevät systemaattisesti, kun taas muotoilijat suosivat avointa lähestymistapaa.
2. Erot esittämistavoissa. Suunnittelijat käyttävät suunnitelmien esittelyyn teknisiä termejä, informaatiota ja laskelmia, kun taas muotoilijat käyttävät luonnoksia ja piirroksia ideoidensa tuomiseen esille.
3. Erot koulutustaustassa. Suunnittelijat on opetettu käyttämään systemaattisia menetelmiä ja perustelemaan ratkaisut faktoilla. Muotoilijat ovat sen sijaan oppineet ratkaisemaan ongelmia intuitiivisesti. Erot koulutustaustassa johtavat erilaisiin lähestymistapoihin, taitoihin ja odotuksiin. (Pei et al. 2010, s. 12)

Tutkimuksen mukaan yhteistyön toimivuuden kannalta on tärkeää, että osapuolet pitävät virallisia ja epävirallisia palavereja ja sijaitsevat fyysisesti lähellä toisiaan. Ongelmia aiheuttaa myös se, että osapuolilla on samoille sanoille eri merkityksiä, jolloin kommunikaatio vaikeutuu. (Pei et al. 2010) Artikkelissa esitellään myös kortteihin perustuva työkalu ongelmien ratkaisemiseen. Sitä ei kuitenkaan tarkastella lähemmin, koska se keskittyy kahden konkreettisen suunnitteluryhmän väliseen kommunikaation helpottamiseen, mitä tässä työssä ei voida tutkia.

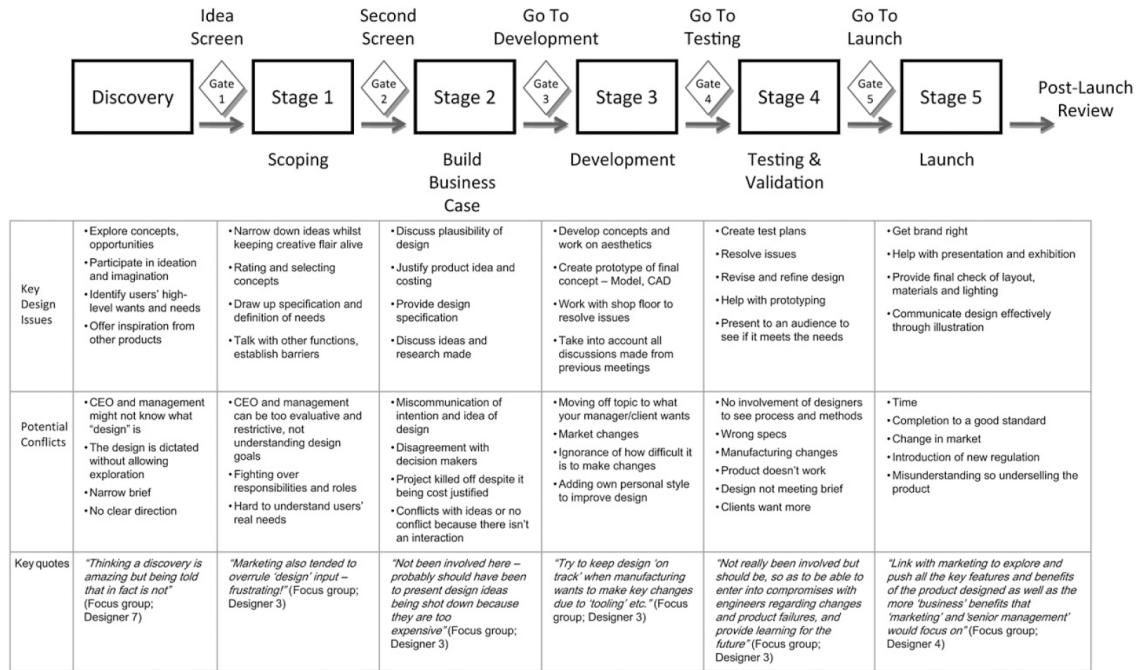
Gatzkyn (2016) mukaan sekä suunnittelijat, että muotoilijat suunnittelevat tuotteen teknisten ja esteettisten vaatimusten pohjalta, mutta lähestyvät suunnittelutehtävää eri näkökulmista. Eriävät tavoitteet, lähestymistavat ja työkalut erottavat osapuolet toisistaan ja

aiheuttavat kommunikaatio-ongelmia. Ongelmien taustalla on Gatzkyn mukaan perustavanlaatuisen ero suunnitteluprosessin kulussa eri osapuolilla. Muotoilijat luovat tuotteen kokonaisuuden aikaisessa vaiheessa suunnitteluprosessia, koska muotoilun toimivuutta on muutoin vaikea arvioida. Suunnittelulla ei kuitenkaan ole tuotekonseptia valmiina suunnittelun aikaisessa vaiheessa, vaan he etenevät osaratkaisuihin kohti lopullista kokonaisuutta, kun taas muotoilijat alkavat kokonaiskonseptin jälkeen tarkentaa suunnittelua. Tämän eriaikaisuuden vuoksi tuotteen muodosta ja teknisistä ratkaisuksista yhteisymmärrykseen pääseminen voi olla vaikeaa. (Gatzky 2016, s. 22–23)



**Kuva 15.** Ero suunnittelu- ja muotoiluprosessien välillä (Gatzky 2016, s. 23)

Goffin & Micheli (2010) ovat eritelleet artikkelissaan huomioon otettavia asioita ja mahdollisia ongelmia, jotka liittyvät muotoilun integroimiseen NPD-prosessiin (new product development). Yhteenveto heidän löydöksistään on esitetty kuvassa 16.



**Kuva 16.** Tekijöitä, jotka liittyvät muotoilun integroimiseen NPD-prosessiin (Goffin & Micheli 2010, s. 35).

Kuvasta nähdään useita tämän työn kannalta relevantteja ongelmia. Niihin lukeutuu muun muassa se, että tuotekehitysprosessi aloitetaan liian vähillä lähtötiedoilla, eikä sillä ole selkeää suuntaa sekä se, että käyttäjän todelliset tarpeet saattavat olla haastavia ymmärtää. Koko projekti saattaa ohjautua sivuun todellisista vaatimuksista ja loppuvaiheessa saattaa ilmetä, että tulokset eivät vastaa tavoitteita. Tavoitteista harhautumista saattaa pahentaa se, että muotoilija muuttaa muotoilua omien mieltymystensä pohjalta. Suunniteltaessa BfP:n ja muotoilun yhdistävää prosessia pyritään näiden ongelmien ehkäisemiseen otta-  
maan huomioon.

## 2.5 Yhteenveto kirjallisuuskatsauksesta

Minkään luvuissa 2.4.1–2.4.3 esitellyistä menetelmistä ei katsottu sellaisenaan olevan riittävä vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Yksikään menetelmä ei käsittele erityisesti modulointia, eikä yksinään ole riittävän kattava, jotta sitä voitaisiin käyttää kohdeyrityksen ongelman ratkaisemisessa. Mikään ei esimerkiksi kerro, millaisin työkaluin kukin menetelmän vaiheista toteutetaan. Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että kirjallisuuden tieto teknisen suunnittelun ja teollisen muotoilun sekä modu-  
loinnin ja teknisen muotoilun yhdistämisestä on suppeaa, eikä tämän tutkimuksen ongelmaa voida ratkaista kirjallisuudessa esiintyvien menetelmien avulla. Näin ollen tämän tutkimuksen toteuttaminen on perusteltua.

Kullakin menetelmällä on omat ansionsa ja heikot kohtansa, minkä vuoksi niiden ja BfP:n pohjalta päätettiin luoda uusi, erityisesti tämän työn ensimmäiseen tutkimuskysymykseen

vastaava menetelmä. Siinä käytettiin hyväksi kirjallisuuskatsauksessa esiteltyjen prosessien ja menetelmien osia. Tämä tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena ja sen tuloksia testattiin kohdeyrityksessä. Seuraavissa luvuissa esitellään kohdeyritys, tutkimus ja sen tulokset.



### 3. TUTKIMUSSTRATEGIAT JA MENETELMÄT

Tutkimusstrategia on tutkimuksen menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuus ja toteutusta ohjaava periaate, joka ohjaa tutkimuksen menetelmien valintaa ja käyttöä sekä teoreettisella että käytännöllisellä tasolla (”Tutkimusstrategia”, Menetelmäpolku). Tämä tutkimus on toteutettu laadullisena Case- eli tapaustutkimuksena. Tutkimusstrategiaksi harkittiin myös toimintatutkimusta, mutta tapaustutkimukseen päädyttiin, koska kehitettävää menetelmää oli mahdollista testata yhdessä rajatussa tapauksessa ja tutkimus keskittyy menetelmän, ei sen avulla saavutettujen käytännön tulosten, kuvaamiseen. Toimintatutkimuksen tavoitteena on vaikuttaa tutkimuskohteeseen sitä kehittävästi (”Toimintatutkimus”, Menetelmäpolku). Se olisi soveltunut tutkimusstrategiaksi, mikäli työ olisi keskittynyt kohdeyrityksen käytännön tulosten kuvaamiseen ja työn tavoite olisi ollut menetelmän luomisen sijaan käytännön kehitystyö.

Laadullisen tutkimuksen tavoitteena on karakterisoida, luonnehtia tai kuvailla ilmiötä (Anttila 1998, s. 182). Näin ollen tämä tutkimus on luonteeltaan selkeästi laadullinen. Tapaustutkimuksen tarkoituksena on luoda yksityiskohtaista tietoa yhdestä rajoitetusta kokonaisuudesta (”Tapaustutkimus”, Menetelmäpolku) sekä tulkita ja ymmärtää ilmiötä ja kuvailla sitä tiivistä (Anttila 1998, s. 204). Tässä tutkimuksessa tutkittava tapaus on moduloinnin ja teollisen muotoilun yhdistäminen kohdeyrityksessä.

Tutkija ja tutkimuskohde ovat tapaustutkimuksessa vuorovaikutuksessa keskenään. Tapaustutkimukselle on tyypillistä pyrkimys ilmiön täydelliseen kuvaamiseen. Se soveltuu hyvin taustainformaation hankkimiseen tietystä asiasta. Tyypillistä onkin käyttää tapaustutkimusta valmisteltaessa myöhemmin samasta aiheesta jatkotutkimuksia, jolloin tapaustutkimuksen esiin nostamia asioita voidaan tutkia myöhemmin muilla menetelmillä. (Anttila 1998, s. 253) Tämän työn tapauksessa jatkotutkimuksia ei ole työtä kirjoitettaessa tiedossa, mutta koska tutkittavaa ilmiötä tutkitaan ensimmäistä kertaa, on järkevää pyrkiä ilmiön kartoittamiseen ja taustainformaation keräämiseen, mikä mahdollistaa myöhemmät jatkotutkimukset.

Anttilan (1998, s. 253) mukaan tapaustutkimus etenee yleisesti ottaen siten, että tavoitteiden määrittämisen ja tutkimussuunnitelman laatimisen jälkeen kootaan aineisto, järjestetään se kiinteään, tutkimuskohdetta hyvin kuvaavaan muotoon ja raportoidaan tutkimustulokset. Työn toteutustapa, jossa ensin toteutetaan käytännön prosessi luodun teorian pohjalta ja sen jälkeen analysoidaan tuloksia, vastaa tätä. Tässä kappaleessa esiteltujen tapaustutkimuksen kuvausten perusteella tapaustutkimus oli lopulta melko selkeä valinta tutkimuksen tutkimusmenetelmäksi.

Tutkimusmenetelminä työssä on käytetty pääasiassa kirjallisuustutkimusta ja osallistuvaa havainnointia. Työn kirjallisuuskatsaus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena etsimällä ja

käymällä läpi kirjallisuudessa esiintyviä työn aiheeseen liittyviä menetelmiä. Lisäksi Anttilan (1998, s. 187) mainitsema osallistuva havainnointi oli työssä merkittävä tutkimusmenetelmä, sillä työn kirjoittaja oli vastuussa kohdeyrityksen käytännön työn toteutuksesta, minkä myötä toteutuksen aikana syntyi useita havaintoja, jotka vaikuttivat kehitettävään prosessiin. Tutkimusmenetelmiä valittaessa harkittiin myös haastattelujen suorittamista. Varsinaisia haastatteluja ei kuitenkaan lopulta koettu tarpeellisiksi, sillä yrityksen esimerkkitapauksen toteutuksessa mukana olleiden ajatukset koskivat lähinnä projektin tuloksiin, eli tuoteperhe- ja muotoilukonsepteihin liittyviä asioita, eivätkä itse käytettyä prosessia.

## 4. YRITYKSEN JA AINEISTON ESITTELY

Työn kohdeyritys Muototerä Oy on tamperelainen konepajateollisuuden yritys, joka on aloittanut toimintansa vuonna 1953. Yrityksen nimi tulee sen ensimmäisestä tuotteesta, kenkäteollisuudessa käytetyistä muototeristä, jotka yritys perustamisensa aikaan valmisti. Koneenrakennuksen yritys aloitti 1960-luvun lopulla tehden koneprojekteja pääasiassa yksittäiskappaleina tilauksesta. Ensimmäisen vesileikkurinsa yritys valmisti vuonna 1988. (Patjas 2006)

Nykyisin Muototerä Oy on keskittynyt vesileikkausteknologiaan ja -sovelluksiin. Sen päätuote ovat FinJet-vesileikkurit. Leikkurituoteperheitä on useita, joista yksi on tämän työn esimerkkiprojektin kohde, portaalivesileikkurit käsittävä FinJet H. Vesileikkaussovellusten lisäksi yritys valmistaa hakeseuloja metsäteollisuudelle sekä myy merkintälaitesovelluksia. Yrityksen liikevaihto on nykyisellään hieman alle 5 miljoonaa euroa ja henkilöstön määrä noin 30. Suomen lisäksi yrityksen markkina-alueita ovat Venäjä, Keski-Eurooppa, Pohjoismaat ja Baltia.



*Kuva 17. FinJet H3015 kahdella leikkauspäällä*

Yritys on viime vuosina laajentunut kansainvälisille markkinoille, mikä asettaa uudenlaisia vaatimuksia tuotteille ja yrityksen toiminnalle. Tuoteperheen kehittämisellä pyritään vahvistamaan sen brändiä sekä saavuttamaan operatiivisia etuja toiminnassa. Työn kirjoittaja on työskennellyt yrityksessä vuoden 2018 alusta lähtien ja työn esimerkkitapaus

perustuu kirjoittajan tänä aikana läpiviemään kehitysprojektiin, jonka tavoitteena tuotearkkitehtuurin ja muotoilun uudistaminen olivat. Lähtökohtana yrityksessä toteutettavalle projektille oli tavoite luoda FinJet H-tuoteperheelle uusi modulaarinen tuotearkkitehtuuri ja uusi design yrityksessä aiemmin luodun karkean tason konseptin pohjalta.

Aineistona tässä tutkimuksessa käytettiin kirjallisuustutkimuksen avulla löydettyjä kirjallisuudessa esiintyviä menetelmiä ja prosessien kuvauksia, työn toteutuksen yhteydessä syntyneitä havaintoja ja yrityksen eri osapuolten välisissä palavereissa syntyneitä dokumentteja. Kerätty aineisto käytiin läpi ja siitä poimittiin elementtejä, joita kehitettävässä menetelmässä olisi mahdollista käyttää. Tällaisia olivat esimerkiksi Sugiyaman & Osadan (2010) menetelmän ajatus suunnittelun ja muotoilun yhteisistä säännöllisistä palaverista yhteensopivuuden varmistamiseksi tai Kimin & Leen (2016) havainto muotoilun kehittamisestä alustavan layoutin pohjalta. Kirjoittaja pohti, mitkä elementit sopisivat yhteen BfP:n kanssa ja millainen kokonaisuus tukisi parhaiten menetelmän tavoitteiden saavuttamista. Näin syntyi ensimmäiseen tutkimuskysymykseen ratkaisu, joka on esitelty seuraavassa luvussa.

## 5. TULOKSET

Kirjallisuuskatsauksen perusteella nähtiin tarpeelliseksi kehittää uusi menetelmä vastaukseksi ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Tämä menetelmä kehitettiin kirjallisuudessa esiintyvien menetelmien ja kirjoittajan omien ajatusten pohjalta. Kehitetty menetelmä päätettiin nimetä BfID-prosessiksi siksi, että se yhdistää toisiinsa BfP:n ja teollisen muotoilun, josta englanninkielinen kirjallisuus käyttää lyhennettä ID (industrial design). BfID-prosessi on esitelty kokonaisuudessaan tässä luvussa.

### 5.1 BfID-prosessi

Brownfield-prosessin ja teollisen muotoilun yhdistävää prosessia alettiin kehittää luvussa 2.4 esiteltujen prosessien pohjalta. Koska suunniteltavan metodin oli tarkoitus pohjautua BfP:hen, tarkoitti se, että se olisi suunnittelulähtöinen ja muotoilutyö täydentäisi päätehtävää, eli tuoteperhekonseptin suunnittelua. Tämän vuoksi luvussa 2.4.2 ja kuvassa 13 esitellyn Kimin & Leen (2016) kolmannen prosessityypin katsottiin olevan hyvä lähtökohta yhdistelmäprosessille. Heidän mukaansa tätä prosessityyppiä käytetään silloin, kun tuotesuunnittelu aloitetaan alustavan layoutin suunnittelulla ja sen pohjalta kehitetään tuotteen ulkomuoto ja lopullinen layout (2016, s. 252). Näin toimimalla modulaarinen arkkitehtuuri ja rajapinnat tulevat huomioiduksi muotoilussa alusta lähtien.

Koska BfP on tarkoitettu olemassa olevien tuotteiden uudelleensuunnitteluun, prosessin eteneminen suunnittelujohtoisesti on järkevää. Uudelleensuunnittelun yhteydessä ei ole järkevää kehittää aivan uudenlaisia muotoilukonsepteja tyhjältä paperilta, sillä nykyisen tuotteen rakenne ohjaa uudelleensuunnittelua ja siten myös rajoittaa muotoilua. Lisäksi kohdeyrityksen tavoite oli jatkaa aiemmin luodun suunnittelukonseptin kehittämistä, minkä vuoksi muotoilu esimerkkitapauksessa oli juuri aiemman parantamista. Tämän vuoksi monet kirjallisuuden esittelemistä prosesseista eivät sellaisenaan sovellu tämän työn tilanteeseen, sillä ne etenevät muotoilulähtöisesti ja ovat ennemminkin tarkoitettu tilanteisiin, joissa kehitetään puhtaalta pöydältä täysin uusi tuote.

BfP ei kata tuotteen osien yksityiskohtaista suunnittelua (Pakkanen 2015, s. 180). Tästä syystä tässä luvussa esitetty prosessi kattaa tuotekehitysprosessin alusta konseptisuunnittelun loppuun saakka. Yksityiskohtainen tekninen suunnittelu, jonka tuloksena syntyy tuotantokelpoisia moduuleita ja osia, tehdään tässä työssä esitetyn prosessin jälkeen ja prosessin tulokset toimivat yksityiskohtaisen suunnittelun lähtökohtana. Yksityiskohtainen suunnittelu on helppo aloittaa prosessin tulosten pohjalta, sillä tulokset määrittävät selkeästi, mitä on tarkoitus suunnitella.

Suunnittelun prosessin lähtökohdaksi otettiin BfP:n kymmenen vaihetta, sekä Kimin & Leen (2016) prosessityyppi 3, jossa yhdessä tehtävän tavoitteiden määrittämisen jälkeen

suunnittelu luo tuotteelle alustavan layoutin, minkä jälkeen muotoilu aloitetaan ja se etenee rinnakkain teknisen jatkosuunnittelun kanssa. Muotoiluprosessin vaiheet perustuvat luvussa 2.3.3 esiteltyihin kirjallisuudessa esiintyviin muotoiluprosesseihin. Lisäksi joihinkin BfP:n vaiheisiin lisättiin muotoilua tukevia työkaluja Pakkasen (2015) esittelemien lisäksi.

Yhdistelmäprosessi päätettiin jakaa viiteen vaiheeseen, joista kuhunkin kuuluu kaksi BfP:n vaihetta sekä vaihteleva määrä muotoilun työvaiheita ja kunkin vaiheen päättävä yhteinen kontrollivaihe. Muotoilun työvaiheet noudattavat taulukossa 1 esiteltyä muotoiluprosessin yleisen tason kulkua ja ne on jaettu osiksi eri BfID-prosessin vaiheita siten, että jokaista vaihetta aloitettaessa on saatavissa tarvittava lähtötieto. Säännöllisten suunnittelun ja muotoilun yhteisten tapaamisten idea perustuu Sugiyaman & Osadan (2010) esittelemään yhdistelmäprosessiin (kuva 14), jossa kaksi osapuolta kokoontuvat säännöllisesti yhteen ja varmistavat töidensä yhteensopivuuden. Kunkin vaiheen jälkeisillä yhteisillä palaverilla pyritään myös ehkäisemään Goffinin & Michelin (2010) mainitsemia ongelmia, kuten sitä, että tuotekehitystyössä harhaudutaan sivuun siitä, mitä asiakas todellisuudessa haluaa tai että suunniteltu tuote ei enää vastaa tuotespesifikaatiota. Jotta nämä ongelmat eivät realisoituisi, jokaisen kokoavan palaverin yhteydessä varmistetaan senhetkisen suunnittelun ja tuotespesifikaation vastaavuus.

Kehitetty prosessi alkaa tavoitteiden asettamisella, jonka aikana suunnittelu ja muotoilu yhdessä yrityksen muiden osapuolten kanssa määrittävät suunniteltavalle tuoteperheelle ja sen muotoilulle selkeät kirjalliset tavoitteet. Vaiheen runkona toimivat BfP:n vaiheet 1 ja 2, eli tavoitteiden asettaminen liiketoimintaympäristön sekä asiakasympäristön perusteella. Tämän vaiheen tuloksena syntyy tuotespesifikaatio, joka pitää sisällään kaiken sen tiedon, jota suunnittelu ja muotoilu tarvitsevat tuotekehitystehtävän toteuttamiseksi. Tuotespesifikaatio, kuten myös kaikkien muiden vaiheiden päätuotokset toimivat lähtötietona kaikille niistä seuraaville vaiheille. Hosnedl et al. (2008) keskustelevat suunnittelun ja muotoilun yhteisistä lähtötiedoista artikkelissaan. Heidän mukaansa varhaisia muotoilu-luonnoksia sisältävä yhteinen lista tuotteen vaatimuksista helpottaa suunnittelun ja muotoilun välistä kommunikaatiota ja yhteisessä tavoitteessa pysymistä. Muotoilun ja suunnittelun yhteinen tuotespesifikaatio BfID-prosessissa perustuu kyseisen artikkelin ajatuksiin.

Tavoitteiden määrittämisen jälkeinen vaihe on alustavan arkkitehtuurin suunnittelu. Tässä vaiheessa suunnittelijat luovat BfP:n kolmatta ja neljättä vaihetta seuraten tuoteperheelle alustavan arkkitehtuurin, josta ilmenee tuoteperheen jako geneerisiin elementteihin sekä niiden väliset rajapinnat ja niiden sijoittuminen tuoterakenteessa. GE:iden määrittelyssä otetaan huomioon muotoilu kohdistamalla muotoilun vaatimuksia geneerisiin elementteihin asiakasvaatimusten lisäksi. Alustavan arkkitehtuurin määrittämisen aikana muotoilu määrittelee tuotespesifikaation pohjalta tuoteperheen alustavaa muoto-kieltä. Vaihe päättyy yrityksen eri osapuolten väliseen palaveriin, jossa alustava arkkiteh-

tuuri hyväksytään yhteisesti suunnittelun lähtökohdaksi ja sen sopivuus tuotespesifikaatioon varmistetaan. Yksi selkeistä eroista BfID-prosessin ja kirjallisuudessa esiteltyjen teollisen muotoilun prosessien välillä on se, että BfID-prosessissa muotoilu aloitetaan vasta alustavan arkkitehtuurin pohjalta, kun kirjallisuuden prosesseissa se aloitetaan suoraan tuotespesifikaation pohjalta.

Alustavan arkkitehtuurin hyväksymisen jälkeen aloitetaan konseptisuunnittelu. Siinä suunnittelu ensin luo alustavan tuoteperheen kuvauksen BfP:n viidennen vaiheen mukaisesti. Muotoiluosasto vastaavat taas konseptoi muotoilua tuotespesifikaation ja alustavan arkkitehtuurin pohjalta käyttäen tyypillisiä teollisen muotoilun työkaluja ja menetelmiä. Muotoiluosasto luo 2-3 muotoilukonseptia, joista yhdessä suunnittelun ja muiden yrityksen osapuolien kanssa valitaan paras käyttäen kriteereinä muun muassa subjektiivista arviointia, systemaattisia arviointimenetelmiä ja konseptin sopivuutta luotuun alustavaan tuoteperheeseen. Paras konsepti valitaan lopullisen muotoilutyön pohjaksi ja dokumentoidaan. Alustavan tuoteperheen kuvauksen lisäksi suunnittelu luo tässä vaiheessa vielä alustavan konfiguraatiotiedon BfP:n kuudennen vaiheen mukaisesti.

Neljännessä vaiheessa modulaarisen tuotearkkitehtuurin määrittelyä tarkennetaan BfP:n seitsemännen vaiheen esittelemällä tavalla käyttäen pohjana konseptisuunnitteluvaiheen tuloksia. Syntynyt valmis tuotearkkitehtuuri toimii lähtökohtana muotoilun jatkokehitykselle, joka luo siihen sopivan yksityiskohtaisemman mallin tuotteen muotoilusta käyttäen työkaluina CAD-malleja, renderöintejä ja mahdollisuuksien mukaan myös fyysisiä malleja. Muotoilun jatkokehityksen tuloksena syntyy toteuttamiskelpoinen lopullinen muotoilukonsepti sekä dokumentoidut muotokielen elementit tulevaisuuden muotoiluprojektejien varten. Muotoilun kehittäessä muotoilukonseptia luo suunnittelu tuoteperheelle vielä lopullisen konfiguraatiotiedon, jonka avulla tuotevarianttien määrittäminen onnistuu. Tuoteperhettä ja muotoilua arvioidaan yrityksen eri osapuolien yhteisessä tapaamisessa ja varmistetaan niiden sopivuus tuotespesifikaatioon. Mikäli muutoksia täytyy tehdä, muokataan tuoteperhettä, minkä jälkeen konsepti on valmis tekniseen suunnitteluun.

Viidennessä vaiheessa dokumentoidaan tuoteperhekonsepti BfP:n esittämällä tavalla. Visuaalista dokumentaatiota voidaan halutessa täydentää sanallisella dokumentaatiolla. Muotoilukonsepti dokumentoidaan luomalla siitä kontrollipiirustus, joka sisältää kuvauksen muotoiluratkaisuista, tiedon syistä niiden takana sekä esimerkiksi materiaali- ja valmistustapatiedon eri moduuleista ja komponenteista. Prosessi päättyy yrityksen eri osaluokkien yhteiseen arviointipalaveriin, jossa tuoteperhekonseptin liiketoimintavaikutuksia arvioidaan BfP:n kymmenennen vaiheen mukaisesti ja muotoilun onnistumista kvalitatiivisesti. Mikäli korjattavaa ei ole, ovat tuoteperhe- ja muotoilukonseptit valmiit toteuttamaan suunnitteluun.

Prosessissa käytettyjä työkaluja on myös mahdollista muokata. Jos esimerkiksi yrityksessä on käytössä jokin tietty hyväksi havaittu menetelmä esimerkiksi rajapintojen dokumentointiin tai muotoilukonseptien luomiseen, voidaan sitä käyttää menetelmän osana

vaiheessa, jossa kyseinen tuotos BfID-prosessin mukaan luodaan. Seuraavissa luvuissa vaiheiden sisältöä ja niissä käytettyjä työkaluja käsitellään tarkemmin ja niiden kulusta kohdeyrityksen tapauksessa kerrotaan enemmän.

### 5.1.1 Vaihe 1: Tavoitteiden asettaminen

Projekti aloitettiin määrittämällä tässä työssä tarkasteluun otettavat tuotteet. Kohdeyrityksen avainhenkilöiden näkemysten perusteella suunnittelutyön laajuudeksi rajattiin FinJet H -tuoteperhe. Laajuuden määrittämisen jälkeen pidettiin kohdeyrityksen eri osa-alueiden (johto, myynti ja markkinointi, suunnittelu, tuotanto) kesken CSL-palaveri, jossa määritettiin tavoitteet modulaariselle tuoteperheelle ja sen muotoilulle liiketoimintaympäristön näkökulmasta. Tavoitteena oli myös luoda osapuolille yhteinen ymmärrys siitä, mitä projekti pitää sisällään. Muotoilun tavoitteiden määrittäminen katsottiin olevan järkevää tehdä tuoteperheen muiden tavoitteiden määrittämisen yhteydessä, jotta muotoilukonseptin luominen saataisiin integroitua prosessiin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja jotta saataisiin aikaan aidosti suunnittelun ja muotoilun yhteinen tuotespesifikaatio. Palaverissa työn kirjoittaja esitteli aiheet osanottajille, toimi puheenjohtajana sekä kirjasi päätökset ja muut esille nousseet asiat ylös.

Palaverin tuloksena syntyi CSL-kartta, josta ilmenevät liiketoimintaympäristön eri osa-alueisiin liittyvät tavoitteet suunniteltavalle tuoteperheelle. Eri liiketoiminta-alueiden edustajien näkökulmat olivat keskustelussa olennaisia ja toivat esiin erilaisia tavoitteita. Keskustelun kautta päästiin myös yhteisesti hyväksyttyihin tavoitteisiin. Muotoilun tavoitteita käytiin läpi käyttäen apuna Ulrichin & Eppingerin (2012) sekä Kettusen (2001, s. 62) esittelemiä kysymyksiä. Niitä keskustelun pohjana käyttäen määritettiin, mihin muotoilussa on syytä erityisesti keskittyä ja mitä ominaisuuksia muotoilun halutaan vies-tivän. Tavoite oli, että myös CSL-karttaan olisi kirjattu muotoilun tavoitteita, mutta puhtaasti muotoiluun liittyviä tavoitteita ei karttaa muodostettaessa noussut esiin.

Palaverin aikarajoitus rajoitti hieman joidenkin osa-alueiden, erityisesti muotoilun tavoitteiden käsittelyn laajuutta. Muotoilun tavoitteisiin palattiinkin vielä myöhemmin toisessa, pienemmän osanottajajoukon kesken käydyssä palaverissa. Sen pohjana olivat kirjoittajan tekemät DFA-analyysi nykyisistä tuotteista ja kilpailija-analyysi sekä yrityksessä aiemmin tehty muotoilukonsepti uuteen muotoiluun liittyen. Idea kilpailija-analyysin tekemisestä tuli Kimin & Leen (2016) esittelemästä kolmannesta prosessityypistä, jossa sitä käytetään osana tuotespesifikaation luomista.

Toisen palaverin aikana määritettiin, mitä piirteitä nykyisistä koneista, kilpailijoiden designeista ja muotoilukonseptista halutaan ottaa uuteen designiin. Lisäksi listattiin BfP:n vaiheeseen 2 liittyen asiakkaan koneelle tekemät huoltotoimenpiteet, jotta ne osattaisiin ottaa muotoilussa huomioon. Ensimmäiseen palaveriin liittyy myös BfP:hen liittyvien PSP:iden määrittäminen. Ne määritettiin esimerkkitapauksessa yrityksen päämekaniikka-



suunnittelijan kanssa ennen BfP:n kolmannen vaiheen alkua, mutta kuuluvat ensimmäiseen vaiheeseen, mistä johtuen ne esitetään prosessissa osana ensimmäistä vaihetta. Lista PSP:istä käytiin yksi periaate kerrallaan läpi ja mietittiin, onko yrityksen tavoitteita mahdollista saavuttaa kyseisen periaatteen avulla. PSP:ihin lisättiin muotoilun vaatimukset huomioon ottava periaate, jotta ne muistettaisiin pitää mielessä koko suunnittelutyön ajan. DFA ja kilpailija-analyysi tehtiin palaverien sovitusta aikatauluista johtuen vasta CSL-palaverin jälkeen, mutta on suositeltavaa tehdä ne ennen osapuolien yhteistä palaveria. Tällöin ne saadaan palaverin lähtötiedoiksi, mikä mahdollistaa kattavamman keskustelun muotoilun tavoitteista.

Brownfield-prosessin toiseen vaiheeseen liittyvät asiakasvaatimukset kartoitettiin myynnin, suunnittelun ja johdon edustajien kesken käydyssä Gripen-palaverissa, jossa työn kirjoittajan rooli oli sama kuin ensimmäisessä palaverissa. Ennen palaveria osallistujille lähetettiin tietoa siinä käsiteltävistä aiheista ja pyydettiin heitä miettimään valmiiksi Gripen-menetelmän neljän kysymyksen pohjalta muunteluvaatimuksia aiheuttavia asiakastarpeita. Palaverissa näitä käytiin läpi ja kirjattiin ylös asiakaskysymyksiä, jotka selvittävät asiakkaan tarvitseman konfiguraation. Lisäksi käytiin läpi yrityksen koneiden lisävarustelista ja keskusteltiin, mitkä optioista ovat ajantasaisia ja mistä luovutaan tulevassa tuoteperheessä. Havaintoja asiakastarpeista oli koottu myös havainnoimalla yrityksen alihankintavesileikkauksen toimintaa ja haastattelemalla sen johtajaa.

Löydettyjä asiakastarpeita luokiteltiin konfiguraatiota määrittäviin ja optioihin. Tavoitteena oli luoda rajat sille, mitä tuleva modulaarinen tuoteperhe pitää sisällään ja mitä jätetään sen ulkopuolelle tai kokonaan pois yrityksen tarjonnasta. Muotoiluun liittyvien huollettavuus- ja käytettävyyksivaatimusten selvittäminen on loogisinta tehdä Gripen-palaverin yhteydessä, kun keskustellaan asiakkaiden tarpeista.

Kahden edellä kuvatun työvaiheen lisäksi tavoitteiden asettamisen yhteydessä tehtiin jatkuvasti nopeita luonnoksia muistiinpanojen tapaan liittyen muotoiluun. Nämä eivät olleet varsinaisia muotoilukonsepteja, vaan nopeita hahmotelmia esimerkiksi koneen tietyistä yksityiskohdasta tukemaan sanallista spesifikaatiota tai visualisoimaan mieleen tullutta ideaa. Näitä luonnoksia käytettiin myöhemmin apuna varsinaisessa muotoilun konseptivaiheessa palauttamaan ideoita mieleen.

Tapaamisissa syntyneen tiedon pohjalta muodostettiin tuotespesifikaatio. Teollista muotoilua käsittelevät lähteet määrittelevät sen luomisen muotoiluprosessin ensimmäiseksi vaiheeksi, kuten taulukosta 1 käy ilmi. Tuotespesifikaatio sisältää tiedot tuoteperheen laajuudesta, tuoteperheen ja muotoilun strategiset tavoitteet, PSP:t, muuntelutarpeita aiheuttavat asiakasvaatimukset sekä käytettävyyks- ja huollettavuusvaatimukset asiakkaan kannalta. Tuotespesifikaatio ohjaa sekä muotoilua että tuoteperheen suunnittelua, ja se auttaa ottamaan huomioon muotoiluun liittyviä tekijöitä suunnittelun aikana. Esimerkiksi kohdeyrityksen tapauksessa muotoiluvaatimukset sisältävä tuotespesifikaatio auttoi ottamaan BfP:n myöhemmissä vaiheissa huomioon osat, joita tuotteessa ei aiemmin ollut, mutta

jotka muotoilun vaatimuksien johdosta tultaisiin myöhemmin lisäämään tuoterakenteeseen.

Suosittelavaa on toteuttaa prosessin ensimmäinen vaihe kahtena yrityksen osapuolien yhteisenä palaverina, joista toinen keskittyy BfP:n ensimmäisen vaiheen pohjalta yrityksen strategiaan tavoitteisiin ja toinen BfP:n toisen vaiheen pohjalta asiakasvaatimukseen. Kokemusten perusteella monialainen osallistujaryhmä on tämän vaiheen palaverissa ehdoton edellytys kattavien tulosten aikaansaamiseksi. Lisäksi mikäli yrityksessä on erilliset suunnittelu- ja muotoiluosastot, on molempien edustajan oltava paikalla molempia osapuolia hyödyttävän tuotespesifikaation aikaansaamiseksi. Palaveriin, joissa tuotespesifikaatio luodaan, on syytä varata riittävästi aikaa, sillä usean henkilön välinen keskustelu vie paljon aikaa. Osallistujille etukäteen lähetettävä tiivistelmä käsiteltävistä aiheista ja kehoitus pohtia käsiteltäviä asioita etukäteen tehostaa ajankäyttöä. Osallistujien valmistautuminen etukäteen myös varmistaa, että kaikkien osapuolien näkemykset tulevat kuulukuksi, eikä ensimmäisenä esille otettu aihe tai dominoiva keskustelun osapuoli ohjaa keskustelua.

Jotta muotoilun tavoitteet tulevat käsitellyksi riittävän kattavasti, on palaverien puheenjohtajan tuotava tätä tavoitetta aktiivisesti esiin. Pakkanen (2015, s. 228) mainitsee, että tuoteorientoituneissa yrityksissä halukkuus keskustella konkreettisista teknisistä ratkaisuista on alustavan tavoitteen määrittelyn jälkeen suuri. Tämä huomattiin käytännön toteutuksessa, kun keskustelu pyrki usein siirtymään teknisiin ratkaisuihin muotoilun tavoitteiden ja strategisten linjausten jäädessä sivuosaan. Muotoilun tavoitteiden riittävästä käsittelystä on huolehdittava vaiheiden aikana. Yleisesti ottaen muotoilun tavoitteiden on oltava sellaisia, että ne sopivat tukevat yrityksen liiketoimintatavoitteita. Vastaavasti modulaarisen tuoteperheen on otettava huomioon muotoilun vaatimukset.

### **5.1.2 Vaihe 2: Alustava arkkitehtuuri**

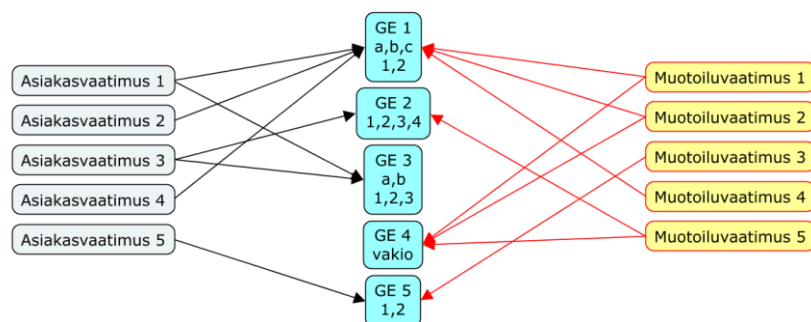
Ensimmäisenä tässä vaiheessa määritettiin tuotteen jako geneerisiin elementteihin yhdessä yrityksen päämekaniikkasuunnittelijan kanssa BfP:n kolmannen vaiheen mukaisesti. Geneeristen elementtien määrittämisen apuna käytettiin tuotespesifikaatiossa listattuja asiakastarpeita pohtimalla, mitkä tuotteen osa-alueet täyttävät kunkin asiakastarpeen. Tässä vaiheessa mukana ovat strategisten tavoitteiden lisäksi myös muotoilun tavoitteet, sillä BfID-prosessissa muotoilun tavoitteiden pitää näkyä jakologiikassa. On esimerkiksi mahdollista, että muotoilun tavoitteet aiheuttavat sellaisen geneerisen elementin ja myöhemmin moduulin synnyn, jota ei ilman muotoilun mukaan ottamista olisi syntynyt. Tässä tapauksessa niin ei kuitenkaan käynyt, vaan kaikki muotoilun vaatimukset pystyttiin täyttämään strategisten tavoitteiden mukaisella GE-jaolla.

Tuloksena syntyi tuoteperheen jako yhteentoista geneeriseen elementtiin ja tieto siitä, mitkä muuntelutarpeita aiheuttavat asiakasvaatimukset vaikuttavat kuhunkin niistä. Tässä

vaiheessa syntyi myös ideoita siitä, mitä geneerisiä elementtejä tuoteperheessä voisi mahdollisesti vakioida. Lisäksi saatiin karsittua tuoterakenteesta joitakin turhia variaatioita.

Muotoilu yhdistettiin tähän työvaiheeseen arvioimalla ensin, minkä geneeristen elementtien muotoilu on kokonaisuuden kannalta tärkeää ja sen jälkeen listaamalla muotoilun vaatimukset asiakasvaatimusten rinnalle ja määrittämällä, mihin geneerisiin elementteihin muotoiluvaatimukset kohdistuvat. Kuvassa 8 esitettyjen kolmen näkökulman rinnalle otettiin ikään kuin puolikas näkökulma lisää, kun asiakasvaatimusten alle lisättiin muotoiluvaatimukset. Näin toimimalla saatiin käsitys siitä, mitkä GE:t ovat muotoilun kannalta kriittisimpiä ja mihin muotoilun konseptoinnissa kannattaa sitä kautta käyttää eniten resursseja. Muotoiluvaatimusten ja geneeristen elementtien suhteet auttavat myös huomioimaan muotoilun vaatimukset varsinaisen teknisen suunnittelun yhteydessä, kun nopeasti nähdään esimerkiksi, tarvitseeko joitakin osia elementistä kattaa tai pitääkö käytettävyyttä huomioida elementin kohdalla erityisesti. Muotoiluvaatimusten ja geneeristen elementtien väliset suhteet ovat myös osa BfP:n jakologiikkaa, sillä ne kertovat, miksi tietyt suunnitteluratkaisut on tehty.

Alla on esitetty havainnekuva työvaiheen tuloksista. Keskelle on listattu geneeriset elementit ja kunkin elementin nimen alla on lista eri variaatioista, joita tarvitaan siihen kohdistuvien asiakas- ja muotoiluvaatimusten täyttämiseksi. Muotoilun vaatimukset on kohdistettu elementteihin, kuten asiakasvaatimuksetkin, jotta nähdään, minkä elementtien muotoilu on olennaisinta ja mitä kunkin elementin suunnittelussa pitää muotoilun kannalta ottaa huomioon.



**Kuva 18.** Havainnekuva geneeristen elementtien, asiakasvaatimusten ja muotoiluvaatimusten välisten suhteiden määrittämisestä.

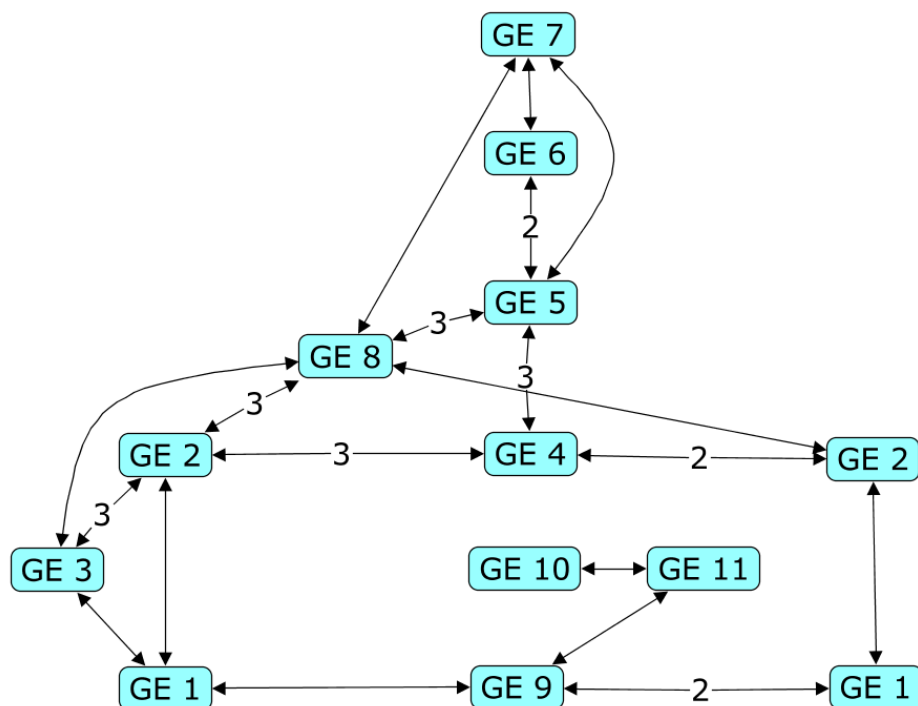
Geneeristen elementtien määrittämisen jälkeen tarkistettiin elementtijaon sopivuus liiketoimintatavoitteisiin. Tämän jälkeen alustavan arkkitehtuurin määrittelyä jatkettiin BfP:n neljännen vaiheen kuvaamalla arkkitehtuurin ja rajapintojen määrittelyllä. Geneeristen elementtien välisiä rajapintoja etsittiin ensin DSM-matriisin avulla. Geneeriset elementit listattiin matriisiin kuvassa 19 esitetyn mukaisesti ja määritettiin niiden rajapinnat toistensa kanssa. Joillakin geneerisillä elementeillä oli useita erillisiä rajapintoja, jolloin ne kaikki listattiin erikseen. Kuvassa vihreä solu merkitsee, että kyseisten elementtien välillä

on rajapinta ja numero kertoo erillisten rajapintojen määrän. Punainen solu kertoo, että elementeillä ei ole rajapintaa keskenään.

	GE 1	GE 2	GE 3	GE 4	GE 5	GE 6	GE 7	GE 8	GE 9	GE 10	GE 11
GE 1											
GE 2	1										
GE 3	1	3									
GE 4		3									
GE 5				3							
GE 6					2						
GE 7					1	1					
GE 8		3	1		3		1				
GE 9		2									
GE 10											
GE 11									1	1	

**Kuva 19.** Havainnekuva DSM:n käytöstä tuoteperheen rajapintojen määrittämisessä.

Rajapintojen määrittelyn jälkeen tuoteperheen arkkitehtuuria visualisoitiin yksinkertaisella käsitekartan kaltaisella kaaviolla, josta havainnekuva on esitetty kuvassa X. Siitä käy ilmi geneeristen elementtien sijainti tuotteessa, sekä niiden väliset rajapinnat. Visualisointi auttaa hahmottamaan, millä alueella tuotteessa rajapintoja on enemmän ja mitkä ovat siten haastavampia alueita modulaarisuuden kannalta.



**Kuva 20.** Tuoteperheen alustavan arkkitehtuurin visualisointi.

BfP:n kolmannen ja neljännen vaiheen tulokset muodostavat tuoteperheen alustavan arkkitehtuurin ja sen visualisoinnin, jotka koottiin yhdeksi dokumentiksi. Tämä dokumentti toimii prosessin seuraavan vaiheen lähtötietona yhdessä tuotespesifikaation kanssa. Kun

muotoilun konseptointi aloitetaan alustavan arkkitehtuurin pohjalta, pystytään siinä alusta asti ottamaan huomioon rajapinnat ja tuotteen teknisen rakenteen vaatima muoto karkealla tasolla. Näin esimerkiksi muotoilu välttyy luomasta konsepteja, joissa kaksi elementtiä muodostavat integraalisen kokonaisuuden. Tällöin teknisen rakenteen ja muotoilun yhteensopimattomuudet vähenevät. Myös tulevat vaiheet sujuvat sulavammin, kun ongelmia syntyy vähemmän. Vaiheen lopuksi varmistettiin, että alustava arkkitehtuuri vastaa tuotespesifikaation vaatimuksia.

Samaan aikaan kun suunnittelu luo alustavaa arkkitehtuuria, muotoilu määrittelee tuotespesifikaation pohjalta tuoteperheen muotokielen elementtejä. Tässä vaiheessa päätetään vain hyvin yleiset linjat, sillä muotoilukonseptien luomisen yhteydessä kokeillaan tarkemmin erilaisia muotoilukonsepteja. Kohdeyrityksen tapauksessa ei esimerkiksi vielä tässä vaiheessa päätetty, sisältääkö tuoteperheen muotokieli paljon pyörityksiä, vai onko se suorakulmainen. Kuitenkin esimerkiksi brändiin perustuva värimaailma ja periaatteelliset päätökset esimerkiksi tiettyjen osien kattamisesta lyötiin lukkoon jo tässä vaiheessa. Nämä alustavat muotokielen elementit toimivat lähtötietona muotoilun konseptoinnille, jolloin tärkeimmät asiat pystytään huomioimaan kaikissa konsepteissa alusta lähtien.

### 5.1.3 Vaihe 3: Konseptisuunnittelu

Muotoilun konseptointi aloitettiin ideoimalla mahdollisia muotoiluvaihtoehtoja. Muotoilun lähtötietona toimi edellisessä vaiheessa luotu alustava arkkitehtuuri. Näin varmistettiin, että muotoilu sopii alusta alkaen yhteen teknisen rakenteen kanssa. Ensin tehtiin luonnoksia kynällä ja paperilla lähtötietojen pohjalta ja vapaasti ideoiden. Lähtötietona toimi myös yrityksessä aiemmin tehty karkean tason muotoilukonsepti. Syntyneitä ideoita ja visuaalisia muistiinpanoja yhdisteltiin ja niiden pohjalta alkoi hahmottua kaksi selkeästi erilaista konseptia. Näistä kahdesta konseptista tehtiin 3D-mallit ja muotojen toimivuutta tutkittiin niiden avulla. Toisen konseptin katsottiin vastaavan paremmin muotoilulle asetettuja tavoitteita kuin toisen, joten siitä tehtyä mallia tarkennettiin ennen sen esittelyä.

Muotoilukonseptista luotua 3D-mallia esiteltiin yrityksen toimitusjohtajalle ja päämekaniikkasuunnittelijalle ja heidän kanssaan todettiin sen vastaavan hyvin tavoitteita, sopivan yhteen alustavan tuoteperheen teknisen rakenteen kanssa ja olevan hyvä lähtökohta muotoilun jatkokehitykselle. Näin ollen kyseinen konsepti valittiin jatkokehitykseen. Valinta tehtiin tässä tapauksessa subjektiivisesti, eikä systemaattisia valintatyökaluja käytetty, koska vaihtoehtoja oli vain kaksi. Systemaattinen valinta toimii paremmin, jos konsepteja enemmän ja tuotteen muotoilu täysin uutta. Tässä tapauksessa, kun kyse oli muotoilun parantamisesta, eikä täysin uuden tuotteen muotoilusta, subjektiivinen arvio katsottiin riittäväksi. Jos systemaattinen arviointi katsotaan tarpeelliseksi, esimerkiksi Kettusen (2001) esittelemä valintataulukko on siihen hyvä työkalu.

Alustava tuoteperheen määrittely aloitettiin BfP:n viidennen vaiheen mukaisesti yhdistämällä aiemmin luotuun GE-malliin teknisten ratkaisujen näkökulma. Geneerisiä elementtejä käytiin suunnitteluosaston kesken läpi yksi kerrallaan ja mietittiin, mitkä tekniset ratkaisut kuhunkin elementtiin kuuluvat ja olisiko niitä syytä jakaa pienempiin moduuleihin. Apuna jakologiikan määrittämisessä käytettiin BfP:n työkalujen lisäksi Erixonin (1998) esittelemiä mahdollisia syitä modulointiin (module drivers). Kunkin GE:n teknisiä ratkaisuja käytiin näiden pohjalta läpi ja mietittiin, onko joitakin ratkaisuja syytä erottaa omaksi moduulikseen esimerkiksi tuotannollisista syistä. Osa geneerisistä elementeistä saatiinkin jaettua järkevämpiin moduuleihin tämän Erixonin lähestymistavan avulla.

Seuraavaksi luotiin alustava konfiguraatiotieto Brownfield-prosessin kuudennen vaiheen mukaisesti. Geneeristen elementtien ja asiakastarpeiden väliset suhteet käytiin läpi ja määritettiin, mitkä elementit toteuttavat kunkin asiakastarpeen ja sulkeeko jokin asiakasvaatimus jonkin GE:n pois. Alustavasta tuoteperheestä luotiin tämän jälkeen kaaviokuva, josta käy ilmi geneeristen elementtien ja asiakastarpeiden väliset suhteet, alustavat moduulit ja tekniset ratkaisut, jotka realisoivat kunkin moduulin. Lisäksi määritettiin alustavasti kunkin moduulin ja teknisen ratkaisun tyyppi (vakio, konfiguroituva, toimituskohtainen jne.) sekä kirjattiin ylös jakologiikka, eli miksi kyseinen moduuli on erotettu omaksi moduulikseen. Tämän kaavion pohjalta luotiin seuraavassa vaiheessa lopullinen tuotearkkitehtuuri ja havainnekuva siitä on esitetty seuraavassa luvussa. Sen voidaan katsoa olevan alustava versio BfP:n yhdeksännessä vaiheessa esittelystä dokumentointimenetelmästä, Product Structuring Blue Printistä (PSBP).

Kun alustava tuoteperheen kuvaus, alustava konfiguraatiotieto ja muotoilukonsepti olivat valmiit, pidettiin yrityksen eri alojen edustajien (johto, myynti, mekaniikkasuunnittelu, sähkö- ja automaatio-suunnittelu sekä tuotanto) kesken palaveri, jossa nämä tuotokset käytiin läpi. Tuoteperhe- ja muotoilukonseptit saivat eri tahojen hyväksynnän ja niiden todettiin vastaavan projektin alussa asetettuja tavoitteita. Joitakin muutoksia konsepteihin tehtiin keskustelun aikana esille tulleiden asioiden ja osallistujien huomioiden perusteella. Lisäksi varmistettiin, että jatkokehitykseen valittu muotoilukonsepti on yhteensopiva tuoteperhekonseptin kanssa. Yhteisen palaverin jälkeen konseptisuunnitteluvaiheen tuotosten pohjalta aloitettiin seuraava vaihe, eli jatkosuunnittelu.

Vaikka muotoilun konseptointi tehtiin alustavan tuoteperheen määrittämisen kanssa rinnakkain, muotoilun vaatimukset ja muotoilukonsepti näkyivät jo alustavassa tuoteperheessä siten, että sen kuvauksessa näkyi uuden designin mukanaan tuomia ratkaisuja. Yrityksen tapauksessa esimerkiksi eräät vakioiksi BfP:n kolmannessa vaiheessa määritetyt geneeriset elementit muuttuivat konfiguroituviksi, kun ne päivitettiin sisältämään muotoilukonseptin mukanaan tuomat vaihtuvat katteet. Katteet myös näkyivät tuoterakenteessa teknisinä ratkaisuin, vaikka olemassa olevissa tuotteissa niitä ei vielä ollut.

Muotoilun vaatimuksien huomioimista voisi mahdollisesti parantaa niin, että ne kohdistettaisiin BfP:n viidennessä vaiheessa alustavista moduuleista edelleen konkreettisiin tekniisiin ratkaisuihin. Tällöin saataisiin vielä yksityiskohtaisempaa tietoa siitä, mitä komponentteja ja osakokonaisuuksia on suunniteltava erityisesti muotoilun vaatimukset silmällä pitäen.

Koska resurssit olivat tässä työssä rajalliset työn kirjoittajan vastatessa muotoilusta yksin, ei monista konsepteista pystytty ajanpuutteen vuoksi tekemään malleja eikä luonnoksia eri konsepteista luotu erityisen suurta määrää. Useita muotoiluideoita hylättiin luonnosten perusteella, eikä niitä testattu kolmiulotteisesti. Vain kahdesta konseptista tehtiin tarkempi malli ja lopullisen konseptin valinta tehtiin näiden kahden konseptin välillä. Kun muotoilu perustuu suhteellisen pieneen määrään erilaisia konsepteja, on olemassa riski, että muotoilussa jumiudutaan liian aikaisessa vaiheessa ratkaisuihin, jotka eivät välttämättä ole optimaalisia.

Kun henkilöstöresursseja on käytettävissä enemmän, kannattaa CAD-malleja tehdä useammista konsepteista ja valita useamman väliltä, jotta useammat muotoiluvaihtoehdot tulevat useampien ihmisten arvioimiksi. Lisäksi tästä työstä kertyneen kokemuksen perusteella luonnoksen ajatus voi näyttää 3D-mallina huomattavan erilaiselta, joten on mahdollista, että joitakin kehityskelpoisia ideoita hylättiin työssä ajanpuutteen vuoksi liian aikaisin. On siis suositeltavaa varata muotoilulle riittävästi resursseja vastaavanlaista projektia aloitettaessa, sillä se jää helposti huomaamatta sivuosaan, kuten aiemmin on todettu.

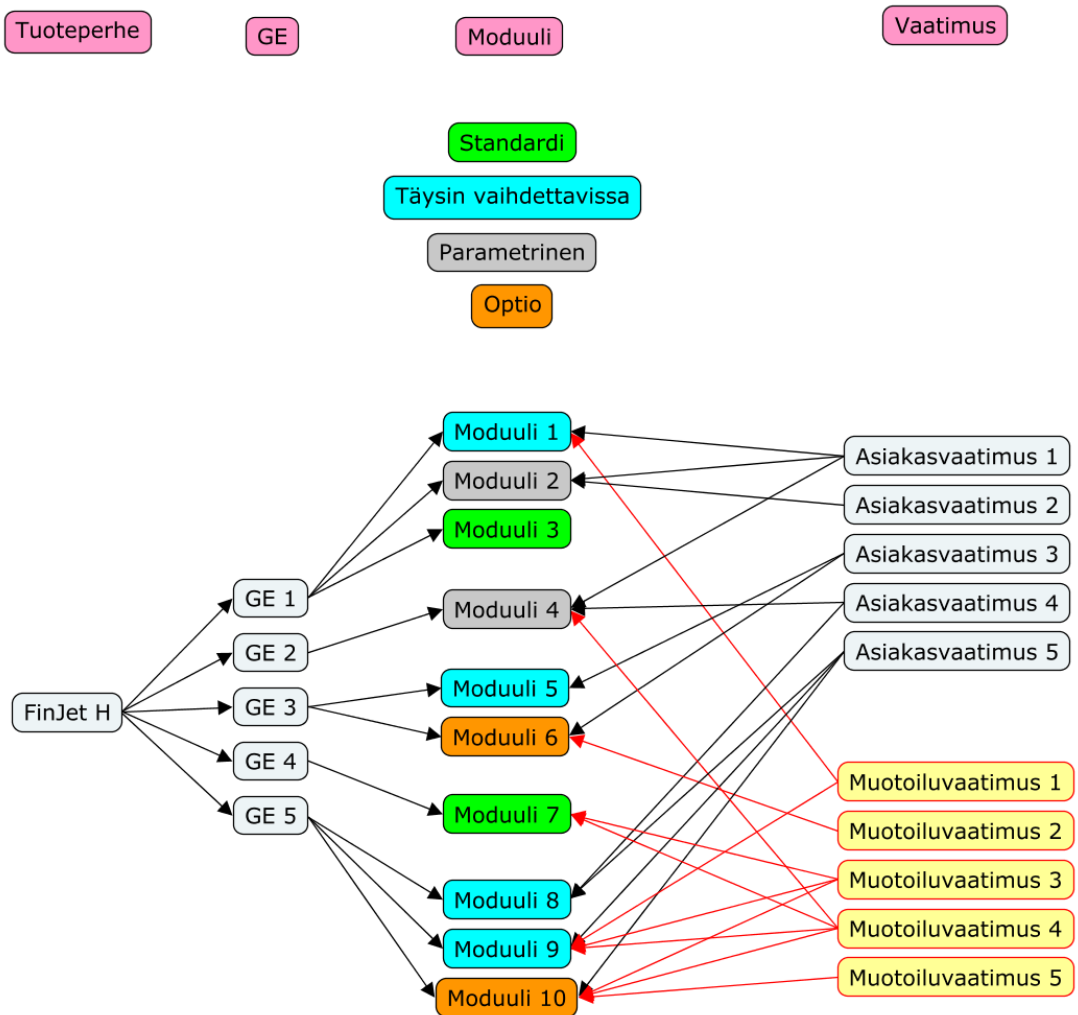
#### **5.1.4 Vaihe 4: Jatkosuunnittelu**

Jatkosuunnitteluvaihe aloitettiin suunnittelemalla lopullinen tuotearkkitehtuuri BfP:n seitsemättä vaihetta mukaillen. Viidennessä vaiheessa luotua arkkitehtuurikonseptia kehitettiin nyt jakamalla suuria kokonaisuuksia edelleen useampiin moduuleihin siten, että saatiin aikaan uusia vakiokokonaisuuksia. Yksi tämän vaiheen tavoitteista onkin saada suurempi osa tuoterakenteesta vakioitua. Vaiheet 5 ja 6 tehtiin tässä prosessissa hieman laajemmin kuin miten ne Pakkasen (2015) väitöskirjassa esitetään, ja jo niiden aikana tehtiin 7. ja 8. vaiheeseen liittyviä määrittelyjä. Esimerkiksi moduulien tyypit oli jo määritetty viidennen vaiheen yhteydessä, mistä johtuen tässä vaiheessa vain päivitettiin olemassa olevaa kuvausta tuoteperheestä kohti lopullista konseptia.

Moduulien väliset rajapinnat määriteltiin yksityiskohtaisesti ensimmäistä kertaa seitsemännessä vaiheessa. Ensin kirjattiin ylös kaikki eri moduulien välillä esiintyvät rajapinnat, minkä jälkeen niiden tyypit (teollisuusstandardi, tuotekohtainen kiinnitys, liitinrajapinta jne.) määritettiin. Koska kohdetuotteen mekaaniset rajapinnat ovat verrattain selkeitä, mutta kaapelien ja letkujen kulku tuotteessa haastavaa, pidettiin yrityksessä sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijoiden kesken erillinen palaveri siitä, miten kaapeli- ja letkuraja-

pinnat toteutettaisiin tuotteessa. Palaverin tuloksena päätettiin, että joissakin kohdin tuotetta kaapelointi noudattaa moduulijakoa, mutta kaikissa kohdissa tämä ei teknisistä syistä ole mahdollista. Jotkin kaapelit siis asennettaisiin yhtenäisinä useamman moduulin alueelle mekaanisen rakenteen kokoonpanon jälkeen. Tämä ei ole komponenttien vaihtokelpoisuuden tai jälkiasennusmahdollisuuden kannalta optimaalinen ratkaisu, mutta teknisten rajoitteiden vuoksi se oli välttämätön.

Seitsemännen vaiheen tuloksena syntyi BfP:n yhdeksännessä vaiheessa kuvatun kaltainen dokumentointi tuotearkkitehtuurista. Sen pohjalta aloitettiin muotoilun jatkekehitys. Näin toimimalla pyrittiin varmistamaan muotoilun ja tuotearkkitehtuurin ongelmaton yhteensopivuus. Lisäksi, kun muotoilulla on tiedossaan moduulien tyypit, on sen mahdollista kohdentaa resurssejaan niin, että näkyvien vakiomoduulien muotoiluun voidaan panostaa erityisesti, kun taas jonkin harvinaisen variantin muotoilu voidaan tehdä hieman pienemmillä resursseilla. Tämä oli tärkeää tapauksessa, jossa muotoiluresurssit olivat rajalliset.



**Kuva 21.** Havainnekuva BfP:n 7. vaiheen tuloksista.



Kuvasta nähdään, että muotoilun tavoitteet on asetettu asiakasvaatimusten kanssa samanarvoisiksi vaatimuksiksi ja kohdistettu moduuleille. Näin muotoilun vaatimukset pystytään huomioimaan moduuleja suunniteltaessa siinä missä asiakasvaatimuksetkin, eivätkä ne jää toisarvoisiksi tavoitteiksi. Ne myös ovat kiinteä osa tuoteperheen jakologiikkaa. Vaikka kohdeyrityksen tapauksessa muotoiluvaatimukset eivät johtaneet puhtaasti muotoilusyistä olemassa olevien moduulien syntyyn, on mahdollista, että muissa tapauksissa näin käy. Muotoiluvaatimusten huomioon ottaminen jo GE-mallia ensimmäistä kertaa luotaessa mahdollistaa sen, että tällainen mahdollinen tarve pystytään ottamaan huomioon jo prosessin alkuvaiheessa.

Muotoilukonseptin kehittämistä jatkettiin lopullisen tuotearkkitehtuurin, tuotespesifikaation sekä konseptisuunnittelun päätteeksi valitun muotoilukonseptin pohjalta. Ensin muotoilukonsepti jaettiin tuotearkkitehtuurin moduulijakoa vastaaviin kokonaisuuksiin. Tämän jälkeen konseptia kehitettiin eteenpäin yksittäisten moduulien muotoilua kehittämällä, mutta kuitenkin niin, että niiden sopivuutta kokonaisuuteen testattiin jatkuvasti 3D-mallin avulla. Tässä vaiheessa luotiin myös uusia luonnoksia joistakin moduuleista sekä yrityksen työntekijöiden, että työn ohjaajan kehitysehdotusten pohjalta. Muotoilun jatkokehityksen tuloksena syntyi 3D-malli, josta käy muotoilun lisäksi ilmi tuotteen moduulijako sekä tekniset ratkaisut ideatasolla. Tämän mallin ja tuotearkkitehtuurin dokumentaation pohjalta aloitetaan myöhemmin konseptin käytännön toteutus yrityksessä. Muotoilukonseptin pohjalta määriteltiin myös muotokielen elementit, jotka kirjattiin omaan dokumenttiinsa, jotta ne olisivat helposti hyödynnettävissä myös yrityksen muissa suunnitteluprojekteissa.

Muotoilun jatkokehityksen aikana suunnittelu määritteli tuoteperheen lopullisen konfiguraatietiedon BfP:n kahdeksannen vaiheen mukaisesti. Kuudennessa vaiheessa oli jo alettu luoda konfiguraatietietoa, joka kuvaa kunkin moduulivariantin sopivuuden eri asiakasvaatimuksiin ja nyt se tehtiin loppuun varsinaisen tuotearkkitehtuurin mukaiseksi. Konfiguraatietieto määritettiin tässä tapauksessa hieman eri tavalla kuin BfP:ssä johtuen siitä, että yrityksen tapauksessa kaikki variaatiot joko sopivat tai eivät sopineet tiettyyn asiakasvaatimukseen, eikä BfP:n ”saattaa vaikuttaa” -relaatioita esiintynyt. Taulukossa kuvattiin suhdetta ”moduulivariantti ja asiakasvaatimus ovat yhteensopivat” luvulla 1 ja suhdetta ”moduulivariantti ja asiakasvaatimus eivät ole yhteensopivat” luvulla 0. Näin saatiin aikaan alla kuvatun kaltainen taulukko, jota voi käyttää myös tuotteen konfigurointiin. Kun kaikki asiakasvaatimukset tunnetaan, voidaan taulukosta katsoa, millä rivillä kaikkien valittujen sarakkeiden arvo on ”1”, mikä paljastaa vaatimuksiin sopivan moduulivariantin.

0 = ei yhteensopiva 1 = yhteensopiva		ASIAKASVAATIMUKSET																															
		Asiakasvaatimus 1																															
		Variantti 1.1	Variantti 1.2	Variantti 1.3	Variantti 1.4	Asiakasvaatimus 2				Variantti 2.1	Variantti 2.2	Asiakasvaatimus 3		Variantti 3.1	Variantti 3.2	Asiakasvaatimus 4		Variantti 4.1	Variantti 4.1	Asiakasvaatimus 5		Variantti 5.1	Variantti 5.2	Asiakasvaatimus 6		Variantti 6.1	Variantti 6.2	Variantti 6.3	Variantti 6.4				
MODUULIT																																	
Moduuli 1																																	
Variantti 1.1			1	0	0	0																											
Variantti 1.2			0	1	0	0																											
Variantti 1.3			0	0	1	0																											
Variantti 1.4			0	0	0	1																											
Moduuli 2																																	
Variantti 2.1			1	0	0	0																											
Variantti 2.2			0	1	0	0																											
Variantti 2.3			0	0	1	0																											
Variantti 2.4			0	0	0	1																											
Moduuli 3																																	
Variantti 3.1																					X				X								
Variantti 3.2																									1		1	0	0	0	1		
Variantti 3.3																									1		0	0	0	1			
Variantti 3.4																									1		1	1	0	0			
Moduuli 4																																	
Variantti 4.1																					X				X								
Variantti 4.2																									1		1	0	0	0	1		
Variantti 4.3																									0		1	0	0	0	1		
Variantti 4.4																									1		1	1	0	0			
Moduuli 5																																	
Variantti 5.1			1	0	0	0							X			1	0				1	0											
Variantti 5.2			0	1	0	0										1	0				1	0											
Variantti 5.3			0	0	1	0										1	0				1	0											
Variantti 5.4			0	0	0	1										1	0				1	0											
Variantti 5.5			1	0	0	0										0	1				1	0											
Variantti 5.6			0	1	0	0										0	1				1	0											
Variantti 5.7			0	0	1	0										0	1				1	0											
Variantti 5.8			0	0	0	1										0	1				1	0											
Variantti 5.9			1	0	0	0										1	0				0	1											
Variantti 5.10			0	1	0	0										1	0				0	1											
Variantti 5.11			0	0	1	0										1	0				0	1											
Variantti 5.12			0	0	0	1										1	0				0	1											
Variantti 5.13			1	0	0	0										0	1				0	1											
Variantti 5.14			0	1	0	0										0	1				0	1											
Variantti 5.15			0	0	1	0										0	1				0	1											
Variantti 5.16			0	0	0	1										0	1				0	1											

**Kuva 22.** Havainnekuva konfiguraatiotiedosta. Kun tunnetaan asiakasvaatimukset, nähdään matriisista ne täyttävät moduulivariantit.

Vaiheen lopuksi varmistettiin, että luodut tuotearkkitehtuuri ja muotoilukonsepti vastaavat tuotespesifikaatiota kaikilta osin. Tuotokset todettiin vaatimuksia vastaaviksi, minkä jälkeen siirryttiin prosessin viimeiseen vaiheeseen, eli dokumentointiin.

### 5.1.5 Vaihe 5: Dokumentointi

Viimeisessä päävaiheessa on tarkoitus dokumentoida edellisten vaiheiden tuotokset sellaiseen muotoon niin, että kaikki yrityksen osa-alueet pystyvät hyödyntämään niitä. BfP:n yhdeksännen vaiheen dokumentointityökalun, PSBP:n mukainen kaavio tuotearkkitehtuurista oli tehty jo edellisessä vaiheessa, mutta sen lisäksi tuoteperheestä tehtiin vielä erillinen sanallinen dokumentointi kohdeyrityksen pyynnöstä. Tämä sisälsi tiedon siitä, mitä teknisiä ratkaisuja mikin moduuli käsittää, mikä on jakologiikka kunkin moduulin

takana ja mitä erityisiä asioita moduulien yksityiskohtaisessa teknisessä suunnittelussa on huomioitava. Myös tähän dokumentaatioon sisällytettiin muotoilun asettamat vaatimukset tuotteelle, jotta muotoilun vaatimukset saatiin siirrettyä konkreettisiksi suunnitteluohjeiksi. Lisäksi dokumenttiin listattiin kunkin moduulin kaikki mahdolliset variantit sekä kaikki rajapinnat muiden moduulien kanssa. Tätä dokumenttia on tarkoitus käyttää apuna varmistamassa, että kaikki tarvittava tulee otettua huomioon lopullisessa suunnittelussa. Se tehtiin täydentämään PSBP:tä ja se sisälsi pääosin asioita, joita PSPB:ssä ei mainita.

Tuoteperhekonseptin liiketoimintavaikutusten analysointi tehtiin BfP:n esittelemän business impact analysis -mallin (BIA) avulla. Se on esitelty kokonaisuudessaan Pakkasen väitöskirjassa (2015, s. 213–227). BIA-malliin tuotiin Pakkasen esittelemien mahdollisten modulaarisuuden hyötyjen rinnalle lisäksi ensimmäisen vaiheen CSL-palaverissa määritetyt strategiset tavoitteet uudelle tuoteperheelle. Sen jälkeen arvioitiin, saavutetaanko kyseisiä hyötyjä konseptin mukaisella tuoteperheellä ja mikä vaikutusten suuruusluokka olisi. Näin saatiin tietoa siitä, millaisia hyötyjä tuoteperhe parhaassa tapauksessa tuo yritykselle ja millä osa-alueella mitkään hyödyt realisoituvat (esim. aika, kustannukset tai laatu) ja millä kokonaishyödyt ovat merkittävimmät. Analyysin perusteella voitiin todeta kehitetyn tuoteperheen mahdollistavan laajalti erilaisia hyötyjä, joiden taloudellinen merkitys voi parhaimmillaan olla merkittävä.

Muotoilun dokumentointi toteutettiin luomalla muotoilukonseptista kontrollipiirustus (Ulrich & Eppinger 2012, s. 219), jossa muotoilukonsepti esitettiin eri kuvakulmista ja siihen liitettiin tekstiä kuvaamaan tehtyjä muotoiluratkaisuja ja syitä niille. Kuvaan liitettiin myös suuntaa antavia mittoja sekä joidenkin osien materiaalitietoja. Lisäksi 3D-malli itsessään toimii dokumentaationa muotoilusta. Muotokielen elementit kirjattiin sekä kontrollipiirustukseen että omaan erilliseen dokumenttiinsa.

Ulrichin & Eppingerin (2012, s. 224) mukaan muotoilun laadun arvioiminen on subjektiivinen tehtävä, mutta muotoilun tavoitteiden täyttymistä voidaan arvioida kvalitatiivisesti käymällä läpi kaikki tuotteen osa-alueet, joihin muotoilu vaikuttaa. He esittävät kirjassaan (2012, s. 224–226) kysymyksiä, joiden avulla teollisen muotoilun laatua voidaan arvioida. Näitä kysymyksiä käytettiin apuna teollisen muotoilun onnistumista arvioitaessa pohtimalla, toteuttaako luotu muotoilukonsepti listassa esitetyt ominaisuudet. Tämän lisäksi muotoilun onnistumista arvioitiin vertaamalla lopullisen muotoilukonseptin ominaisuuksia tuotespesifikaatioon kirjattuihin muotoiluvaatimuksiin. Muotoilun onnistumisen arviointi perustuu BfID-prosessissa näiden työkalujen avulla tehtävään subjektiiviseen arvioon.

Kohdeyrityksessä muotoilua arvioivat usean yrityksen osa-alueen, kuten johdon, suunnittelun, myynnin ja tuotannon edustajat. Tämä on suositeltava tapa BfID-prosessia käytettäessä, sillä usean henkilön ja osa-alueen erilaiset näkökulmat tuovat laajuutta arviointiin.

Mikäli vain yksi tai muutama henkilö suorittaa arvioinnin, on mahdollista, että näkökulma jää liian kapeaksi ja tärkeitä asioita jonkin toisen osa-alueen kannalta jää huomaamatta.

Valmiit tuotearkkitehtuuri ja muotoilukonsepti esiteltiin yrityksen eri osastojen edustajille yhteisessä projektin loppupalaverissa. Työn kirjoittaja oli ennen palaveria lähettänyt lopulliset tuotokset osallistujille, jotta heillä oli mahdollisuus tutustua niihin ennen palaveria ja kirjata ylös omia huomioitaan. Palaverissa kirjoittaja esitteli tuotokset muille osanottajille, minkä jälkeen käytiin yhteistä keskustelua osallistujien huomioiden pohjalta. Tuotokset hyväksyttiin yhteisesti jatkokehityksen pohjaksi ja keskustelussa esille nousseiden seikkojen perusteella lopulliselle tekniselle suunnittelulle asetettiin joitakin uusia tavoitteita.

### **5.1.6 Yhteenveto**

BfID-prosessin kaaviokuva on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä A. Siitä käy ilmi vaiheiden järjestys, niiden suhteet toisiinsa, niissä käytettävät työkalut ja syntyvä tieto sekä eri osa-alueiden vastuut. Liite A ja prosessia kuvaavat luvut 5.1–5.1.5 muodostavat vastauksen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. BfID-prosessi kuvaa, miten muotokielen luominen ja muotokielen konseptointi voidaan toteuttaa osana Brownfield-prosessia.

### **5.1.7 Edut, haasteet ja vertailu kirjallisuuden prosesseihin**

Modulaarisen tuoteperheen suunnittelun ja teollisen muotoilun yhdistämisellä havaittiin olevan useita etuja. Yksi suurista hyödyistä oli, että aloittamalla muotoilu alustavan arkkitehtuurin pohjalta saatiin tuotteen muotoilu alusta asti vastaamaan tulevaa modulaarista tuoteperhettä ja ottamaan huomioon rajapinnat moduulien välillä. Tämä helpotti suunnittelun ja muotoilun yhteensovittamista ja vähensi kirjallisuudessa mainittuja yhteensopimattomuudesta aiheutuvia turhia suunnittelun iteraatioita. Myös yrityksen muiden osapuolten kanssa kommunikoidessa pystyttiin tämän ansiosta alusta asti ajattelemaan tuotetta moduuleina. On huomattava, että myös se, että vain yksi henkilö oli päävastuussa sekä suunnittelusta että muotoilusta, vaikutti hyvään kahden suunnittelutehtävän yhteensopivuuteen, mutta edellä mainittu etu oli silti havaittavissa.

Suunnittelun ja muotoilun yhteinen tuotespesifikaatio paransi muotoilun ja suunnittelun kykyä ottaa toisen vaatimukset huomioon. Kun esimerkiksi BfP:n viidennen vaiheen aikana tiedettiin selkeästi muotoilun vaatimukset, oli mahdollista tukea niiden täyttymistä ottamalla ne huomioon teknisen rakenteen suhteen tehtyjen ratkaisujen kanssa. Jos suunnittelu- ja muotoilutehtävillä olisi omat lähtötietonsa, olisi suuri riski, että toista suunniteltaessa toisen vaatimukset jäisivät huomiotta ja tällöin riski yhteensopimattomuudelle kasvaisi. BfID-prosessin avulla pystyttiin alusta asti huomioimaan esimerkiksi, minkä moduulien muotoilun pitää mahdollistaa jonkin toisen moduulin jälkiasennus siihen.

Muotoiluvaatimusten pitäminen koko prosessin ajan asiakasvaatimuksien rinnalla samanarvoisina vaatimuksina mahdollisti muotoilun vaatimusten paremman ja tasapuolisemman huomioon ottamisen suunnittelussa. Jos muotoilun vaatimukset olisi pidetty irrallaan tuotearkkitehtuurin suunnittelusta, on todennäköistä, että ne olisivat jääneet sivuosaan asiakasvaatimuksiin verrattuna. BfID-prosessi pystyy huomioimaan tuotteen tekniset vaatimukset muotoilun kannalta paremmin verrattuna kirjallisuudessa esiteltyihin puhtaisiin muotoiluprosesseihin. Tämä on tärkeää tilanteissa, joissa tavoitteena on olemassa olevan tuotteen parantaminen.

Ylipäättään kun suunnittelu ja muotoilu yhdistettiin samaksi tuotekehitysprosessiksi, oli kehitystyö kokonaisvaltaisempaa ja kirjoittajan kokemus se, että kohdetuotteen toimivuus kokonaisuutena pystyttiin ottamaan paremmin huomioon. Pelkässä Brownfield-prosessissa muotoilunäkökulmaa ei huomioida, jolloin muotoilun kehittäminen jälkikäteen voi olla haastavaa ja vaatia paljon iteraatioita. Pelkkä muotoiluprosessi ei taas pysty yhtä kattavasti huomioimaan tuotteen teknisiä ratkaisuja, kuten yllä todettiin. Muotoilukonsepteista saattaa tulla epärealistisia ja ne saattavat vaatia suuria muutoksia ollakseen toteutuskelpoisia.

BfID-prosessin kunkin päävaiheen päätteeksi pidettävät yhteiset palaverit osoittautuivat hyväksi toimintatavaksi. Niiden ansiosta yrityksen eri osapuolet pysyivät tietoisina siitä, missä vaiheessa projekti on ja ne myös varmistivat sen, että suunnittelutyö etenee kohti haluttuja tavoitteita.

Erikseen voidaan mainita muutamia selkeitä BfID-prosessin eroja kirjallisuuden yhdistelmäprosesseihin verrattuna. Menetelmä, jonka Hosnedl et al. esittelevät, on toimintolähtöinen. Sen pohjalta toteutettuna tuotearkkitehtuurista olisi siis tullut todennäköisesti erilainen kuin liiketoimintalähtöisellä BfID-prosessilla. Liiketoimintalähtöisyys voidaan kirjallisuuskatsauksen valossa katsoa BfID-prosessin eduksi verrattuna muihin kirjallisuuden yhdistelmäprosesseihin verrattuna. Sugiyaman & Osadan menetelmässä taas ei ole yhtä selkeää yhteistä tavoitteiden asettamista kuin BfID-prosessissa, vaan siinä kaksi osapuolta aloittavat nopeammin omat tehtävänsä. Näin ollen voidaan olettaa, että tällä menetelmällä on BfID-prosessia suurempi riski kahden osapuolen tuotosten yhteensopimattomuuteen. Sugiyaman & Osadan menetelmä ei myöskään ole suunnittelulähtöinen, vaan siinä suunnittelu ja muotoilu ovat täysin rinnakkaisia tehtäviä, joten BfID-prosessilla moduulijako tulee todennäköisesti paremmin huomioitua.

Nämä edut ovat vastaus toiseen tutkimuskysymykseen. Tulosten kattavuutta ja yleistettävyyttä on arvioitu luvuissa 5.2 ja 6.

Kuten Gazky (2016) toteaa, suunnittelu ja muotoilu ovat luonteeltaan hyvin erilaisia tehtäviä. Tämän vuoksi niiden yhdistämiseen liittyy väistämättä myös haasteita. Joitakin havaittiin myös tässä työssä. Yksi haasteista on, että vaikka suunnittelulähtöisyys prosessissa auttaa ottamaan tuotearkkitehtuurin huomioon muotoilussa, on toisaalta olemassa

riski, että se rajoittaa muotoilua liikaa. Muotoilija saattaa jumittua liiaksi alustavan arkkitehtuurin perusteella tuotteesta muodostuneeseen kuvaan, jolloin innovatiivisia toteutuskelpoisiaakin ideoita saattaa jäädä syntymättä ja lennokkaat ideat tyrmätään ilman jatkokehitystä, kun niiden todetaan olevan yhteensopimattomia alustavan arkkitehtuurin kanssa. Muotoiluideoita voi myös olla haastavaa keksiä, kun ajattelun lähtökohtana toimivat nykyiset tekniset ratkaisut ja suunnittelun tekemä alustava tuotearkkitehtuuri.

Muotoilusta siis saattaa helposti tulla ”konservatiivisempi” suunnittelulähtöisessä prosessissa verrattuna puhtaalta pöydältä aloitettavaan muotoiluun. Kim & Lee (2016, s. 255) toteavatkin, että silloin kun yrityksessä on varsinaisia muotoilijoita ja kolmannen prosessityypin ollessa kyseessä muotoilijoiden potentiaalia jää käyttämättä suunnittelun lähtökohtia rajoitettaessa. Yrityksen tapauksessa esimerkiksi tietyt onnistuneina pidetyt kaarevia muotoja sisältävät konseptit rajattiin jo konseptoinnin alkuvaiheessa pois siksi, ettei niiden toteuttaminen ollut valmistusteknisten seikkojen vuoksi mahdollista nykyisillä teknisillä ratkaisulla. Mikäli kyseessä on täysin uusi tuote, onkin suositeltavaa rakentaa prosessi Kimin & Leen (2016) ensimmäisen tai toisen prosessityypin pohjalta kolmannen sijaan, jolloin prosessi etenee muotoilujohtoisesti.

Eräs muotoilun ja suunnittelun yhdistämiseen liittyvä haaste on, että muotoilu jää yrityksessä helposti vähemmälle huomiolle verrattuna suunnitteluun. Kuten aiemmin on todettu, Pakkasen (2015, s. 228) mukaan tuoteorientoituneissa suunnitteluorganisaatioissa on usein suuri halu siirtyä nopeasti puhumaan konkreettisesta teknisestä toteutuksesta. Tämän havaittiin toteutuvan kohdeyrityksessä, kun yrityksen eri osapuolten välillä käydyt keskustelut usein painoutuivat konkreettisiin ratkaisuihin tuoteperheessä ja strategisten kysymysten tai muotoiluun liittyvien asioiden käsittely jäi vähemmälle. Projektin vastuuhenkilön on aktiivisesti pidettävä muotoiluun liittyviä kysymyksiä esillä keskusteluissa, jotta niistä syntyy keskustelua ja yhteisiä päätöksiä.

Jos muotoilu toteutettaisiin omana projektinaan, edellä mainittu riski olisi todennäköisesti pienempi ja muotoiluun paneuduttaisiin enemmän. Muotoilulle olisi tällöin myös enemmän aikaa, jolloin esimerkiksi perusteellinen luonnostelu ja eri luonnosten testaaminen mallintamalla voitaisiin tehdä perusteellisemmin. BfID-prosessissa muotoilun työvaiheisiin kohdistunut aikapaine oli suurempi. Osittain tämä johtui myös diplomityön aikataulusta, mutta myös siitä, että työvaiheita oli enemmän kuin pelkässä muotoiluprosessissa.

Yllä mainitut haasteet ovat vastaus kolmanteen tutkimuskysymykseen. Myös näiden tulosten kattavuutta ja yleistettävyyttä pohditaan luvuissa 5.2 ja 6.

## 5.2 Tulosten arviointi

Tuloksiin vaikutti suuresti se, että työ tehtiin pienessä yrityksessä, jossa työn kirjoittaja oli yksin vastuussa koko prosessin läpiviennistä, eikä erillisiä suunnittelu- ja muotoiluosastoja ollut. Yhden henkilön läpiviemänä prosessissa ei ilmene kommunikaatiovaikeuksia tai esimerkiksi koulutustaustaan ja erilaisiin ajattelutapoihin liittyviä ongelmia

kahden osapuolen kesken, mitkä kirjallisuudenkin perusteella ovat isommissa yrityksissä erittäin merkittävä tekijä projektien onnistumisen kannalta. Lisäksi vaikka liitteessä A prosessin vaiheet on kuvattu rinnakkaisiksi, jouduttiin tässä työssä prosessi toteuttamaan käytännössä lineaarisena ilman rinnakkaisuuksia, koska kaikki työvaiheet olivat työn kirjoittajan vastuulla. Jos yrityksessä on erilliset suunnittelusta ja muotoilusta vastaavat tahot, voidaan vaiheita toteuttaa prosessin kuvaamalla tavalla rinnakkaisina, mikä sekä nopeuttaa prosessiin kuluvaan aikaan, että mahdollisesti tuo uusia tiedonkulkuun liittyviä ongelmia, joita tässä työssä ei ollut mahdollista tutkia. Nämä tekijät voivat vaikuttaa tulosten yleistettävyyteen isommissa yrityksissä. Kussakin yrityksessä onkin syytä ennen vastaavan projektin toteuttamista pohtia, mitä erityisvaatimuksia heidän organisaationsa asettaa projektin toteuttamiselle.

On mahdollista, etteivät kaikki edellisissä luvuissa esiteltyt edut ja haasteet toteudu kaikissa tapauksissa. Lisäksi on mahdollista, että muissa tapauksissa esille nousee etuja tai haasteita, joita tässä tapauksessa ei havaittu. Havaitut hyödyt ja haasteet perustuvat kirjoittajan havaintoihin ja tulkintoihin ja mahdollinen virhelähde ovatkin virheelliset tulokset esimerkiksi niin, että havaittu hyöty tai haaste onkin johtunut jostain muusta tekijästä kuin mistä sen on oletettu johtuvan. Näiden seikkojen perusteella tulokset eivät yhden tapauksen perusteella ole vielä täysin yleistettävissä, vaan BfID-prosessia on sovellettava useammassa tapauksessa, ennen kuin tuloksia voidaan varmuudella yleistää. Mikäli useissa tapauksissa havaitaan samoja etuja ja haasteita, tuovat ne varmuutta tuloksien yleistettävyydelle. Yhden tapauksen perusteella voidaan kuitenkin sanoa olevan todennäköistä, että BfID-prosessin käyttämisellä saavutetaan hyötyjä myös muissa vastaavissa tapauksissa.

Tässä luvussa kuvatussa kaltaisesta toteutettuna prosessi toimii nimenomaan tilanteessa, jossa tarkoituksena on suunnitella tuote ja muotoilu olemassa olevan tuoteperheen pohjalta. Uuden tuotteen ollessa kyseessä ei esimerkiksi prosessin suunnittelulähtöisyys välttämättä tuota yhtä hyviä tuloksia. Kirjallisuudessa esiintyy useita ensisijaisesti uuden tuotteen suunnitteluun tarkoitettuja muotoiluprosesseja, joita kannattaa tutkia ja miettiä prosessiin muutoksia niiden pohjalta uuden tuotteen suunnitteluprojektin ollessa kyseessä.

Kaikkien muotoiluprosessien yhteydessä esiteltyjen työkalujen käyttäminen ei työn tapauksessa ollut mahdollista. Esimerkiksi täysikokoisten mallien tekeminen ei suuresta vesileikkurista ollut mahdollista, eikä saatavilla ollut pienikokoiseen mallinrakennukseen tarvittavia välineitä. Näitä työkaluja on mahdollista hyödyntää paremmin pienemmän tuotteen ollessa kyseessä ja silloin, kun muotoilun toteuttamiseen on käytettävissä enemmän aikaa.

Tulokset vastaavat työlle asetettuja tavoitteita hyvin. Kaikkiin tutkimuskysymyksiin pystyttiin vastaamaan ja halutunlainen prosessi onnistuttiin luomaan. Menetelmä koettiin toimivaksi, mitä tukevat kohdeyrityksen esimerkkitapauksesta saadut tulokset. Niitä ei

voida salassapitovelvollisuudesta johtuen esitellä yksityiskohtaisesti, mutta voidaan todeta, että BfID-prosessin avulla projektille asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin. Tuoteperheelle saatiin luotua uusi modulaarinen tuotearkkitehtuuri, josta onnistuttiin karsimaan turhia variaatioita sekä vakioimaan useita osa-alueita. Muotoilukonsepti taas vastasi sille asetettuja tavoitteita ja sen katsottiin olevan brändiin sopiva ja vision mukainen. BfID-prosessin avulla pystyttiin myös ehkäisemään useat kirjallisuudessa esiintyvät suunnittelun ja muotoilun yhdistämisen ongelmat niiltä osin, kun niiden toteutumista oli tässä tutkimuksessa mahdollista tutkia.

Tulokset sekä mahdollistavat vastaavanlaisen projektin toteuttamisen muissa tapauksissa että toimivat lähtökohtana aiheen myöhemmälle tutkimukselle. Ne myös täydentävät Brownfield-prosessiin liittyen tehtyä tutkimusta laajentamalla sen käyttökelpoisuuden tutkimista uudelle alueelle. Tuloksilla on uutuusarvoa, koska BfID-prosessin kaltaisia konkreettisia menetelmiä on esitelty kirjallisuudessa vain muutama, eikä muotoilun modulointiprosessiin yhdistävää menetelmää ole ennen kehitetty. Niistä on hyötyä yrityksille, joilla on kohdeyrityksen kanssa samankaltaisia kehitystarpeita. Tämän työn tulokset pohjautuvat osittain aiemmin esiteltyihin menetelmiin, sillä niiden ajatuksia on hyödynnetty prosessin kehittämisessä. Tulokset laajentavat osaltaan myös Brownfield-prosessin tutkimusta tutkiessaan sen soveltamista uudelleenlaiseen ongelmaan. Työstä saatujen kokemusten perusteella muotoilun yhdistäminen BfP:hen on mahdollista toteuttaa loogisena kokonaisuutena ja muotoilua tukevia työkaluja ja -vaiheita on mahdollista lisätä BfP:n vaiheisiin.



## 6. KESKUSTELU

Tutkimusstrategian valinta rajoittaa työn tuloksia siten, etteivät tapaustutkimuksen tulokset ole välttämättä sellaisenaan yleistettävissä kapea-alaisuutensa vuoksi (Anttila 1998, s. 253). Tästä syystä ei voida sanoa kehitetyn prosessin toimivan kaikissa tapauksissa tai esiin nousseiden etujen ja haasteiden toteutuvan aina. Prosessia täytyisi soveltaa useammassa tapauksissa, jotta voitaisiin tehdä yleistyksiä siitä, mitkä ovat sellaisia etuja ja haittoja, jotka todennäköisesti toteutuvat useimmissa tapauksissa. Lisäksi tutkijan oma subjektiivinen panos saattaa vaikuttaa tapaustutkimuksessa tulosten arviointiin (Anttila 1998, s. 253). Koska työn kirjoittaja toimi sekä tapauksen toteuttajana, että raportoijana, on mahdollista, että joitakin toteutuksen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä on jäänyt huomaamatta. Tästäkin syystä prosessia täytyisi soveltaa useampiin tapauksiin ennen kuin täysin yleistettäviä tuloksia voidaan muodostaa.

On mahdollista, että tutkimusmenetelmät, jotka ottavat huomioon useamman ihmisen mielipiteet ja ajatukset, olisivat saattaneet parantaa tuloksia. Esimerkiksi tämän työn tutkimusmenetelmistä pois jätetyt haastattelut ovat tällainen menetelmä. Mikäli useampi henkilö olisi osallistunut BfID-prosessin kehittämiseen, olisi heidän haastattelemisensa ollut ehdottoman tärkeää. Tässä tutkimuksessa yrityksen muut henkilöt eivät kuitenkaan osallistuneet menetelmän kehittämiseen, vaan ainoastaan käytännön projektin toteuttamiseen sen avulla. Tästä syystä haastatteluja ei tehty. Ainoastaan yhden henkilön tulkinnat ja ajatukset ovat kuitenkin suhteellisen suppea aineistolähde, mikä entisestään alleviivaa jatkotutkimuksien tärkeyttä.

Useamman henkilön näkökulman mukaan saamisen lisäksi kirjallisuustutkimuksen laajentaminen olisi saattanut parantaa tuloksia. BfID-prosessin rakenne ja siihen BfP:n esittelemien lisäksi integroidut työvaiheet pohjautuvat pääosin kirjallisuudessa esiintyviin prosesseihin ja menetelmiin. Menetelmiä etsittiin pääasiassa Tampereen teknillisen yliopiston kirjaston Andor-tietokannasta sekä Scopus-tietokannasta ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)). Vaikka menetelmiä etsittiin tietokannoista suhteellisen kattavasti ja erilaisilla hauilla, on mahdollista, että joitakin työn kannalta hyödyllistä informaatiota tai menetelmiä sisältäviä kirjallisuuslähteitä on jäänyt huomaamatta tai pois hakujen tuloksista. Se, että joitakin kirjallisuuslähteitä on saattanut jäädä huomaamatta, ei sinällään heikennä saavutettuja tuloksia, mutta suurempi määrä menetelmiä BfID-prosessin pohjana olisi saattanut johtaa jonkin uuden edun tai haitan huomaamiseen tai muuhun prosessin parannukseen.

Kirjoittajan näkemys on, että Brownfield-prosessi sopii hyvin siihen, että muotoilun konseptointi integroidaan osaksi sitä. Prosessin jako selkeisiin vaiheisiin mahdollistaa kunkin vaiheen muokkaamisen erikseen teollisen muotoilun prosessia tukevaksi sekä teollisen

muotoilun prosessin vaiheiden lisäämisen BfP:n vaiheiden rinnalle ja väliin. Lisäksi selkeä erittely siitä, millaista suunnittelutietoa kussakin BfP:n vaiheessa syntyy, auttaa sijoittamaan teollisen muotoilun työvaiheet järkeviin kohtiin siten, että niillä on käytössään oikeat ja riittävät lähtötiedot. Jakologiikan selkeä dokumentointi BfP:ssä mahdollistaa myös muotoilun tavoitteiden dokumentoinnin ja integroinnin osaksi jakologiikkaa, jolloin muotoilun tavoitteet pystyvät vaikuttamaan moduulijakoon tarvittaessa.

## 6.1 Jatkotoimenpiteet yrityksessä

Esimerkkitapauksessa saavutettujen tulosten perusteella yrityksessä aloitetaan myöhemmin tuoteperheen varsinainen tekninen suunnittelu kohti tuotantokelpoista tuotetta. Suunnittelun lisäksi modulaarisen tuotearkkitehtuurin käyttöönoton yhteydessä on syytä tutkia sitä, miten yrityksen eri toiminnot, kuten tuotanto ja myynti saadaan mahdollisimman tehokkaasti hyödyntämään modulaarisuutta.

Pidemmällä aikavälillä yrityksessä on syytä laajentaa modulaarista tuotearkkitehtuuria kattamaan myös muita sen tuoteperheitä ja tutkia, missä määrin samoja moduuleita voidaan käyttää myös niissä. Kuten Pakkanen (2015, s. 184–185) toteaa, laajempi modulaarisen järjestelmän kattavuus tuottaa suuremmat hyödyt, mutta tämän työn puitteissa ei ollut mahdollista laajentaa tutkimuksen kattavuutta muihin tuoteperheisiin. Samoin uusi muotokieli on syytä laajentaa kattamaan yrityksen kaikki tuotteet visuaalisen yhteneväisyyden saavuttamiseksi.

## 6.2 Jatkotutkimusehdotukset

Tiettyjä osa-alueita tutkimukseen liittyen olisi syytä käsitellä tulevilla tutkimuksissa. Ensimmäiseksi BfID-prosessin soveltamista täytyy tutkia suuremmassa organisaatiossa, jossa tekninen suunnittelu ja teollinen muotoilu ovat omat, useista henkilöistä koostuvat yksikkönsä. Näin saataisiin tietoa kommunikaatioon liittyvistä eduista ja haasteista prosessissa. Tässä tutkimuksessa tätä osa-aluetta ei voitu tutkia, koska työn kirjoittaja oli vastuussa koko prosessin läpiviennistä. Suuremman organisaation esimerkkitapaus myös toisi lisätietoa menetelmän rinnakkaisuuden toimivuudesta, kun suunnittelu- ja muotoilu-osastot voisivat prosessin osoittamissa kohdissa työskennellä rinnakkain.

Toiseksi olisi hyvä tutkia, miten ja millaisin vaihein nyt esitetyn prosessin jälkeinen varsinainen tekninen suunnittelu olisi järkevää toteuttaa. Tekninen suunnittelu on suoraa jatkoa BfID-prosessille ja luultavasti toteutetaan kaikissa tapauksissa heti BfID-prosessin jälkeen. Selvittää voisi esimerkiksi, minkälainen on muotoilun rooli jatkosuunnittelussa, kun tähdätään tuotantovalmiisiin moduuleihin ja miten muotoilun tavoitteiden toteuttamista siinä valvotaan.

Yleisesti ottaen BfID-prosessin soveltamisen uusissa tapauksissa voidaan katsoa olevan tarvittava jatkotutkimusaihe, jotta tämän tutkimuksen havainnot saavat lisävahvistusta tai

mahdolliset havainnot, jotka eivät ole yleistettävissä, huomataan. On tärkeää saada myös lisätietoa siitä, ovatko prosessin vaiheet nyt optimaalisessa järjestyksessä, vai tarvitaanko muissa tapauksissa erilaista järjestystä tai kenties erilaisia työkaluja työvaiheiden sisällä.

## 7. YHTEENVETO

Tässä työssä pyrittiin selvittämään, miten teollinen muotoilu yhdistetään Brownfield-prosessiin. Työn tutkimuskysymykset olivat:

1. *Miten muotokielen luominen ja muotoilun konseptointi toteutetaan osana Brownfield-prosessia?*
2. *Millaisia etuja teollisen muotoilun yhdistämisellä Brownfield-prosessiin havaitaan olevan?*
3. *Mitä haasteita Brownfield-prosessin ja teollisen muotoilun yhdistämisen havaitaan aiheuttavan?*

Kirjallisuuskatsauksessa esiteltiin Brownfield-prosessi ja sen lisäksi kirjallisuudessa entuudestaan esiintyviä muotoilun sekä suunnittelun ja muotoilun yhdistäviä prosesseja. Kirjallisuuskatsauksen perusteella selvisi, ettei moduloinnin ja teollisen muotoilun yhdistämistä oltu aikaisemmin tutkittu, eikä kirjallisuudessa entuudestaan esiinny menetelmää, joka vastaisi ensimmäiseen tutkimuskysymykseen sellaisenaan. Tämän vuoksi tässä työssä kehitettiin Brownfield-prosessin ja teollisen muotoilun yhdistävä BfID-prosessi vastaukseksi ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. BfID-prosessi koostuu viidestä vaiheesta, jotka on esitelty luvussa 5. Se perustuu kirjallisuudessa esitettyihin teollisen muotoilun sekä teollisen muotoilun ja teknisen suunnittelun yhdistäviin prosesseihin sekä kirjoittajan omiin ajatuksiin. BfID-prosessin esitleminen on työn merkittävin kontribuutio.

BfID-prosessin toimivuutta testattiin kohdeyrityksen tuotekehitysprojektista tehdyllä tapaututkimuksella. Prosessin kulku ja käytetyt työkalut dokumentoitiin, jotta prosessia on myöhemmin mahdollista soveltaa muissa vastaavanlaisissa tapauksissa. Esimerkkitapauksen pohjalta listattiin BfID-prosessin etuja ja haasteita vastauksena toiseen ja kolmanteen tutkimuskysymykseen. Havaittuja etuja olivat muun muassa:

- muotoilukonseptin ja tuotearkkitehtuurin hyvä yhteensopivuus alusta alkaen
- muotoilun vaatimusten samanarvoisuus asiakas- ja teknisten vaatimusten kanssa
- liiketoimintalähtöisyys ja kyky huomioida tuotteen kokonaisvaltainen toimivuus.

Huomionarvoisiin haasteisiin taas lukeutuivat muun muassa:

- suunnittelulähtöisen prosessin asettamat rajoitteet muotoilulle
- muotoilun riski jäädä vähemmälle huomiolle suunnitteluprojektissa verrattuna tuotearkkitehtuurin kehittämiseen.

Nämä edut ja haitat ovat vastaus toiseen ja kolmanteen tutkimuskysymykseen. Kokonaisuudessaan BfID-prosessin todettiin soveltuvan hyvin ensimmäisen tutkimuskysymyksen ratkaisemiseen ja kohdeyrityksen tapauksessa sen avulla saavutettiin tavoitellut tulokset.

Tulokset ovat merkityksellisiä, sillä ne ovat ensimmäinen kirjallisuudessa esitetty ratkaisu Brownfield-prosessin ja teollisen muotoilun yhdistämiseen. Näin ollen ne voivat olla hyödyllisiä yrityksille, joilla on tarve suunnitella tuotearkkitehtuuri ottaen samalla huomioon tuotteen muotoilu.

Tapaustutkimuksen ominaisuus on, että tulokset eivät ole sellaisenaan täysin yleistettävissä johtuen siitä, että BfID-prosessia on testattu käytännössä vasta yhdessä tapauksessa. On mahdollista, että jotkin mahdolliset edut tai haitat eivät ole esiintyneet tässä tapauksessa tai niitä ei ole huomattu. Lisäksi tapauksessa, joka on yhden henkilön toteuttama, ei voitu tutkia mahdollisia kahden osapuolen kommunikaatio-ongelmia tai testata prosessin rinnakkaisuutta. Näistä syistä prosessia on testattava useammassa tapauksissa ja erikokoisissa yrityksissä, ennen kuin tuloksia voidaan yleistää.

Tutkimus onnistui hyvin ja kaikkiin tutkimuskysymyksiin kyettiin vastaamaan. BfID-prosessi osoitti toimivuutensa esimerkkitapauksessa ja tapaustutkimuksen rajoitteista huolimatta sitä voidaan suositella käytettäväksi kohdeyrityksen tapauksen kaltaisissa suunnittelulähtöisissä tuotekehitysprojekteissa. Brownfield-prosessin katsottiin olevan hyvin soveltuva teollisen muotoilun integroimiseen sen osaksi. On huomattava, että BfID-prosessi soveltuu erityisesti tilanteeseen, jossa uusi tuotekonsepti luodaan olemassa olevan tuotteen pohjalta suunnittelulähtöisesti. Mikäli kyseessä on täysin uusi tai muotoilultaan hyvin vapaa tuote, ei suunnittelulähtöinen prosessi välttämättä sovellu tilanteeseen yhtä hyvin.

Tulokset sekä mahdollistavat vastaavanlaisten projektien toteuttamisen muissa tapauksissa että toimivat lähtötietona aiheesta tehtäville jatkotutkimuksille. Jatkossa olisi sen, että prosessia testataan useammassa tapauksissa lisäksi syytä tutkia erityisesti suunnittelu- ja muotoiluosastojen yhteistyön toimivuutta suuremmissa organisaatioissa BfID-prosessia käytettäessä sekä sitä, miten tuotantokelpoiseen tuotteeseen tähtäävä jatkokehitys yhdistetään konseptin luomiseen tähtäävään BfID-prosessiin ja millaisin työvaihein se kannattaa toteuttaa.

## LÄHTEET

- Andreasen, M.M. (2011), "45 Years with design methodology", *Journal of Engineering Design*, vol. 22, no. 5, pp. 293-332.
- Anttila, P. (1998), "Tutkimisen taito ja tiedon hankinta", Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 488 s.
- Erixon, G. (1998), "Modular Function Deployment - A Method for Product Modularisation", Väitöskirja, The Royal Institute of Technology, Tukholma, Ruotsi, 178 s.
- Fujimoto, T. (2007), "Competing to be really, really good – The behind-the-scenes drama of capability building competition in the automobile industry", *International House of Japan*, Tokio, 156 s.
- Gatzky, T. (2016), "Industrial design in engineering programs: about the success of an integrated degree program model", *Design of Machines and Structures*, Vol. 6, No. 1, pp. 21–38.
- Goffin, K. & Micheli, P. (2010), "Maximizing the Value of Industrial Design in New Product Development", *Research Technology Management*, Vol 53, No. 5, pp. 29–37.
- Hosnedl, S., Srp, Z. & Dvorak, J. (2008), "Cooperation of Engineering & Industrial Designers on Industrial Projects", *International Design Conference – Design 2008*, pp. 1227–1234.
- Hubka, V. & Eder, W.E., (1996), "Design Science" Springer-Verlag, Lontoo, 251 s.
- Menetelmäpolku, Jyväskylän yliopiston www-sivut, saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmäpolkuja/menetelmäpolku/menetelmäpolku>, viitattu [24.8.2018].
- Kettunen, I. (2001), "Muodon palapeli", WS Bookwell Oy, Porvoo, 129 s.
- Kim, K. & Lee, K. (2016), "Collaborative product design processes of industrial design and engineering design in consumer product companies", *Design Studies* Vol 46 (2016), Elsevier Ltd., pp. 226–260.
- Lehtinen, M. (1995), "Teollinen muotoilu – tuotekehityksen ja markkinoinnin tuki", Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 88 s.
- Lehtonen, T. (2007), "Designing Modular Product Architecture in the New Product Development", Väitöskirja, Julkaisu 713, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 220 s.
- Lehtonen, T. (2018a), "Rasti 2 – Oikea ymmärrys", MEI-46200 Tuotekehitys ja tuoteperheet, luentomateriaali, Tampereen teknillinen yliopisto, saatavissa:

[https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/505499/mod\\_resource/content/1/Rasti%2002%20Oikea%20moduulikasitys%20Viisi%20elementtia%20web.pdf](https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/505499/mod_resource/content/1/Rasti%2002%20Oikea%20moduulikasitys%20Viisi%20elementtia%20web.pdf), viitattu [3.8.2018].

Lehtonen, T. (2018b), ”Rasti 5 – CSL”, MEI-46200 Tuotekehitys ja tuoteperheet, luentomateriaali, Tampereen teknillinen yliopisto, saatavissa: [https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/507973/mod\\_resource/content/1/Rasti%205%20CSL\\_v01a.pdf](https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/507973/mod_resource/content/1/Rasti%205%20CSL_v01a.pdf), viitattu [5.9.2018].

Lehtonen, T. (2018c), ”Rasti 6 GE – geneeriset elementit”, MEI-46200 Tuotekehitys ja tuoteperheet, luentomateriaali, Tampereen teknillinen yliopisto, saatavissa: [https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/509236/mod\\_resource/content/1/Rasti%206%20Brownfield%20Process%20Generic%20elements%20v01.pdf](https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/509236/mod_resource/content/1/Rasti%206%20Brownfield%20Process%20Generic%20elements%20v01.pdf), viitattu [1.8.2018].

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K. H. (2007), ”Engineering Design – A Systematic Approach”, Springer-Verlag London, Lontoo, 617 s.

Pakkanen, J. (2015), ”Brownfield Process – A Method for the Rationalisation of Existing Product Variety towards a Modular Product Family”, Väitöskirja, Julkaisu 1299, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 283 s.

Parslov, J. F. (2016), ”Defining Interactions and Interfaces in Engineering Design”, Väitöskirja, Technical University of Denmark, Kööpenhamina, 74 s.

Patjas, S. (2006), ”Muototerän historiaa 1953–1994”, Fast Point Oy, Tampere, 104 s.

Pei, E., Campbell, R.I. & Evans, M.A. (2010), ”Development of a tool for building shared representations among industrial designers and engineering designers”, *CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 6 (3), pp. 139 – 166.

Puustinen, M. & Perheentupa, E. (1990), ”Yrityksen muotoilutieto”, Tietosanoma Oy, Helsinki, 92 s.

Sugiyama, K. & Osada, H. (2010), ”Integration Process of Industrial Design and Engineering Design”, *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering* Vol:4, No:7, pp. 1774–1779.

Ulrich, K. (1995), ”The role of product architecture in the manufacturing firm”, *Research Policy*, vol. 24, no. 3, pp. 419-440.

Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2012), ”Product Design and Development”, International edition, McGraw-Hill Education, New York, 415 s.

Warell, A. (2001), ”Design Syntactics: A Functional Approach to Visual Product Form”, Väitöskirja, Chalmers University of Technology, Göteborg, 271 s.

LIITE A: BFID-PROSESSI

